

**Filip Radan**

**Geomorfološka obilježja kanjona Medveja i Mošćenička draga na Učki**

**Diplomski rad**

**Zagreb**

**2019.**



**Filip Radan**

**Geomorfološka obilježja kanjona Medveja i Mošćenička draga na Učki**

**Diplomski rad**

predan na ocjenu Geografskom odsjeku

Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

radi stjecanja akademskog zvanja

magistra geografije

**Zagreb**

**2019.**





Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Geografija*; smjer: *Fizička geografija s geoekologijom* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Nevena Bočića

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

Diplomski rad

## Geomorfološka obilježja kanjona Medveja i Mošćenička draga na Učki

Filip Radan

**Izvadak:** Kanjoni Medveja i Mošćenička draga dvije su najmarkantnije i dimenzijama najveće bujične doline na području primorske padine Učke. U radu su utvrđena morfografska, morfometrijska i morfogenetska obilježja promatranih kanjona. Opća i specifična morfometrijska obilježja reljefa utvrđena su metodama analize digitalnog modela reljefa i kartografskih izvora. Hidrološka analiza izrađena je terenskim promatranjem stanja tokova te metodom ponovljene fotografije. Terenskim radom utvrđeni su geomorfološki tragovi pleistocenske glacijacije na vršnoj zoni Učke što je važno za kontekst postanka promatranih kanjona. Zaključeno je da je morfogeneza ovih kanjona posljedica složenih geoloških, geomorfoloških, klimatskih i paleoklimatskih te hidroloških uvjeta.

93 stranice, 80 grafičkih priloga, 57 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: geomorfologija, reljef, kanjoni, Učka, krš, glacijacija

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Neven Bočić

Povjerenstvo: izv. prof. dr. sc. Neven Bočić

prof. dr. sc. Sanja Faivre

doc. dr. sc. Mladen Pahernik

Tema prihvaćena: 7. 2. 2019.

Rad prihvaćen: 12. 9. 2019.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD
--------------------------

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geography

Master Thesis

**Geomorphological characteristics of Medveja and Mošćenička draga canyons of Učka**

Filip Radan

**Abstract:** Medveja and Mošćenička Draga canyons are two largest flash flood valleys on the coastal slope of Učka. The morphographic, morphometric and morphogenetic characteristics of the observed canyons are determined in the paper. The general and specific morphometric relief characteristics were determined using the methods of analysis of the digital elevation model and the cartographic sources. Hydrological analysis was made by field observation and by repeated photography method. Field work determined the geomorphological traces of Pleistocene glaciation of the Učka peak zone, important for the origin context of the observed canyons. It has been concluded that the morphogenesis of these canyons is a consequence of complex geological, geomorphological, climatic and paleoclimatic and hydrological conditions.

93 pages, 80 figures, 57 references; original in Croatian

Keywords: geomorphology, relief, canyons, Učka, karst, glaciation

Supervisor: Neven Bočić, PhD, Associate Professor

Reviewers: Neven Bočić, PhD, Associate Professor

Sanja Faivre, PhD, Full Professor

Mladen Pahernik, PhD, Assistant Professor

Thesis title accepted: 07/02/2019

Thesis accepted: 12/09/2019

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb,  
Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Teorijska osnova .....	2
2.1. Karbonatne stijene i krš .....	2
2.2. Kanjoni u kršu .....	3
2.3. Bujični tokovi .....	3
2.4. Glacijacija na području Hrvatske .....	6
2.5. Glacioeustatske promjene razine mora .....	8
3. Dosadašnja istraživanja .....	10
4. Prostorni obuhvat istraživanog područja .....	11
4.1. Obuhvat i položaj .....	11
4.2. Geološka građa .....	13
4.3. Geomorfološka obilježja .....	16
4.3.1. Geomorfološki položaj .....	16
4.3.2. Morfogenetska obilježja .....	17
4.3.3. Morfografska obilježja .....	18
4.4. Klimatska obilježja .....	20
5. Podaci i metode rada .....	22
6. Rezultati .....	24
6.1 Opća morfometrijska obilježja .....	24
6.1.1. Hipsometrija .....	24
6.1.2. Nagibi padina .....	27
6.1.3. Vertikalna raščlanjenost .....	31
6.1.4. Ekspozicija padina .....	35
6.1.5. Zakrivljenost padina .....	38
6.2. Morfogenetska analiza .....	43
6.2.1. Drenažna mreža .....	43
6.2.2. Analiza reljefnih profila i dubine ureza .....	47
6.2.3. Analiza utjecaja pleistocenske glacijacije na razvoj kanjona .....	52
6.2.4. Analiza ponikava .....	60
6.3. Hidrološka analiza .....	64
6.4. Analiza klimatoloških podataka .....	74
6.5. Analiza podmorja i utjecaja porasta morske razine .....	79

7. Rasprava .....	82
8. Zaključak .....	85
9. Literatura .....	87
10. Izvori .....	90
11. Prilozi .....	91

## 1. Uvod

Kanjoni Mošćeničke Drage i Medveje dva su najveća i najdublje usječena kanjona formirana na području primorske padine Učke. Formirani su na većinom karbonatnoj podlozi pretežno kredne starosti, te manjim dijelom na flišnoj podlozi paleogene starosti (Šikić i dr., 1963). Recentni reljef promatranog područja posljedica je tektonskih pokreta, promjena klime i morske razine te djelovanja egzogenetskih procesa tijekom bliže geološke prošlosti. Današnje dimenzije ovih kanjona ukazuju na to da su vodeni tokovi koji su ih urezali u određenom razdoblju geološke prošlosti bili izdašniji nego danas. Moguće izvorište veće količine voda u prošlosti mogli su biti ledenjaci ili općenito humidniji klimatski uvjeti u nekim razdobljima. Uzimajući u obzir visinu i morfologiju Učke te sagledavajući dosadašnja istraživanja o glacijaciji na prostoru Hrvatske ledenjaci su mogli biti formirani na pojedinim morfološki pogodnim lokacijama. Područje podno hrpta Sjeverne Učke nastavlja se na izvorišnu zonu promatranih vodotoka i moguće da je postojanje ledenjaka u vršnoj zoni važno za razumijevanje postanka ovih kanjona. Stoga će se terenskim radom u sklopu ovoga rada pokušati utvrditi tragovi glacijacije, a područje istraživanja zbog boljeg razumijevanja biti će nešto šire od prostora samih kanjona. Reljefnu strukturu Učke obilježava jedinstven hrbat koji se pruža meridionalno, približno pravcem S-J. Takvo meridionalno pružanje je netipično za priobalne i kontinentalne gorske hrptove i masive u okviru zone Vanjskih Dinarida (Mihljević, 1996). Kod ostalih gorskih hrptova i masiva zone Vanjskih Dinarida dominantan je dinarski smjer pružanja pravcem SZ-JI. Krška područja sa svojim raznolikim krškim oblicima jedna su od posebnosti Hrvatske i prekrivaju oko polovice državnog teritorija. Zato se hrvatsko krško područje kao dio dinarskog krša često ističe i kao *locus typicus* klasičnog krša.

Cilj ovoga rada je provesti geomorfološko istraživanje ova dva kanjona sa svrhom utvrđivanja njihovih osnovnih morfografskih, morfometrijskih i morfogenetskih obilježja. Cilj rada je također utvrditi postoje li odgovarajući geomorfološki tragovi pleistocenske oledbe na promatranom području uzimajući u obzir hipotezu da je za postanak kanjona ovakvih dimenzija bilo potrebno protjecanje veće količine vode nego što je to danas slučaj, a čije su izvorište mogli biti ledenjaci, odnosno drugačije klimatske okolnosti. Terenskim istraživanjem pokušati će se utvrditi postojanje egzaracijskih i akumulacijskih morfoloških elemenata na dijelu promatranog područja.

## **2. Teorijska osnova**

### **2.1. Karbonatne stijene i krš**

Karbonatne stijene tvore oko 10% nezaleđene kopnene površine Zemlje, a debljina im može dosezati nekoliko kilometara. Karbonatne naslage i danas se formiraju u tropima i morima umjerenih širina, dok je utvrđena starost najstarijih karbonatnih sedimentnih stijena oko 3 i pol milijardi godina (Ford i Williams, 2007). Neupitne su ekonomske važnosti jer stijenski kompleks karbonatnih naslaga sadržava oko polovice svjetskih rezervi nafte i plina, a često i ostale ekonomski važne sirovine, uključujući zlato i dijamante. Karbonatnom stijenom smatra se ona koja sadrži >50% karbonatnih materijala u ukupnoj težini (Ford i Williams, 2007). Dvije najčešće vrste karbonatnih stijena su vapnenac koji se sastoji od minerala kalcita i aragonita te dolomit koji se sastoji od istoimenog minerala. U prirodi kod karbonatnih stijena varira udio minerala koji ih tvore, pa postoji širok raspon mogućeg mineralnog sastava karbonatnih stijena sa različitim udjelima i omjerima kalcita, aragonita i dolomita. Krš se može razviti i na sulfatima, halitima ili silikatima (Ford i Williams, 2007). Za promatano područje i ovaj rad važan je krš razvijen na karbonatima.

Krš je područje specifičnih reljefnih i hidrografskih značajki koje se razvija na stijenskoj podlozi većeg stupnja topljivosti pri kontaktu s prirodnim vodama (Jennings, 1971). Najvažniji rezultat stijenske topljivosti jest proširivanje šupljina u stijenskom kompleksu što dovodi do rasta propusnosti. Tako nastaju špilje, odnosno šupljine dovoljno velike da u njih uđe čovjek što omogućuje njihovo istraživanje. Takve šupljine karakteristične su za krš više nego za bilo koji drugi tip reljefa, pa je jedino u kršu moguće govoriti o podzemnoj geomorfologiji (Jennings, 1971). Stoga je za krš karakteristično da su podzemne vodene komunikacije jače od nadzemnih (Herak 1966 prema Matas 2009). Proces okršavanja rezultat je prije svega kemijskog djelovanja vode na otapanje stijena, a reljefni oblici nastali procesima okršavanja dominiraju krškim prostorima (Ford i Williams, 2007). Zbog navedenih svojstava krša izostaje stvaranje mreže dolina, a nastaje krajolik nepovezane mreže zatvorenih udubljenja u prostoru koji se može opisati kao kaotičan ili neuredan (Sweeting, 1973).

## 2.2. Kanjoni u kršu

Kanjoni su uske i duboke doline strmih ili čak okomitih padina s visinskom razlikom i do nekoliko stotina metara. Takvi oblici nastaju uslijed snažne erozije, dok u kršu djeluju i korozijski procesi. Kao najveći i najdublji kanjon u svijetu ističe se Grand kanjon rijeke Kolorado u SAD-u čije se strane izdižu i do 1800 m iznad riječnog korita (Matas, 2009). Kanjone u vapnenačkom području usjekli su krški vodotoci. U Hrvatskoj se ističu kanjoni većih ili manjih riječnih tokova u krškom području poput Zrmanje, Krke, Čikole, Cetine, Mrežnice, Korane, Dobre, Velike i Male Paklenice i dr.

Ukoliko je prihvaćena teza da su krški reljefni oblici samo oni koji nastaju kao rezultat vertikalnog i podzemnog tečenja vode, onda doline u vapnencu nisu krški reljefni oblik. Doline su zapravo rezultat površinskog tečenja vode i kao takve nastaju fluvijalnim procesima (Sweeting, 1973). Cvijić (1893) tvrdi da: „s obzirom na propusnost vapnenca, površinske vode nestaju na krškoj podlozi, pa su normalne doline vrlo rijetke ili potpuno izostaju, a njihovo mjesto zauzimaju slijepe doline i druge različite forme bazena“. U svom kasnijem radu Cvijić revidira svoje mišljenje tvrdeći kako tečenje vode ne izostaje potpuno na krškoj podlozi. Termin „krške doline“ osporavao je i Roglić (1964). Iako osporavan, termin „krške doline“ se nastavio koristiti (Sweeting, 1973).

Krške doline se smatraju najvažnijim reljefnim oblikom koji se pojavljuje u kršu, a koji ne nastaje kao rezultat pravih krških procesa. Prema Sweetingu (1973) mogu se podijeliti u nekoliko grupa: alogene doline, slijepe doline, izvorišne doline i suhe doline.

## 2.3. Bujični tokovi

Bujice ili bujični tokovi su povremeni ili stalni prirodni vodotoci kod kojih je područje slijeva zahvaćeno erozijskim procesima. Za bujice je karakterističan nagli dolazak poplavnih voda koje nastaju neposredno nakon jakih kiša ili ubrzanog topljenja snijega. Tako se velika količina erodiranog materijala s planinskog i brdskog područja tijekom kratkog vremena premješta u niže predjele često uzrokujući materijalnu štetu (Jahić, 2017). Zbog toga se pristupa uređenju bujičnih tokova kojima se štete mogu znatno smanjiti, odnosno svesti na minimum.

Moguće je izvršiti topografsku klasifikaciju bujičnog toka, klasifikaciju prema porijeklu vučenog nanosa, klasifikaciju prema porijeklu bujične vode te klasifikaciju prema intenzitetu erozijskih procesa na području slijeva (Jahić, 2017).

Sukladno karakteru i stupnju zahvaćenosti erozijskim procesima bujični tok se prema Jahiću (2017) može podijeliti na tri geomorfološke zone (sl. 1): zona formiranja bujice ili

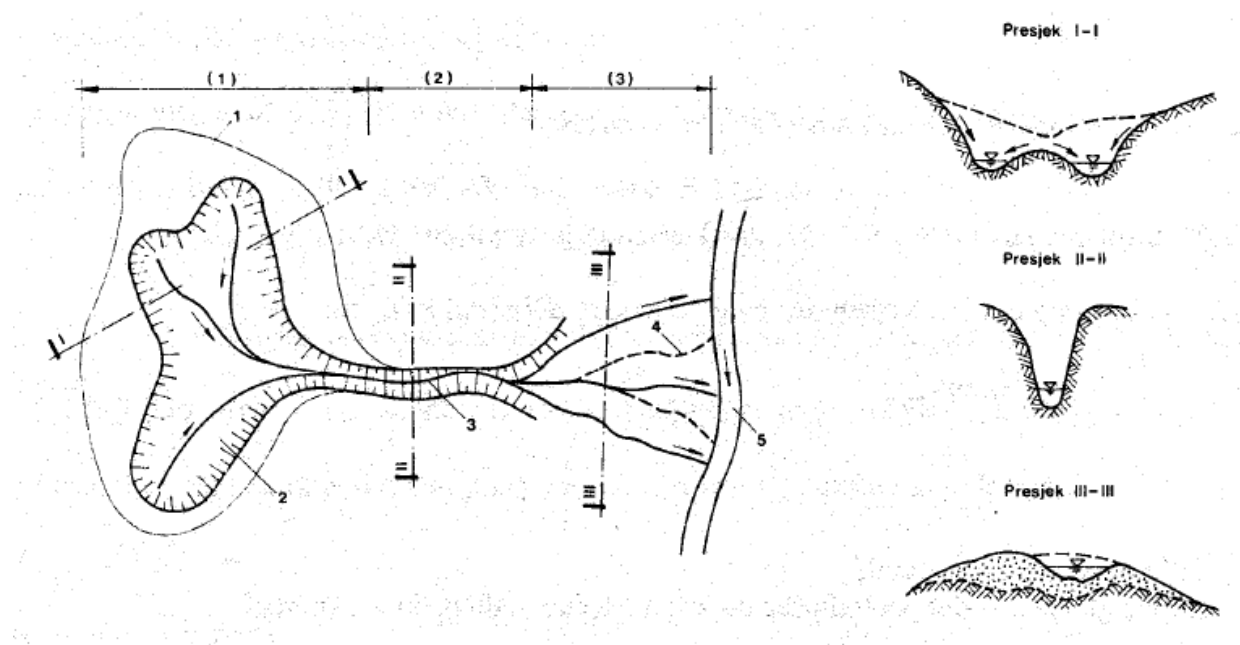


gorni tok, zona tranzita ili srednji tok te zona raščlanjenja bujice ili donji tok, odnosno naplavina.

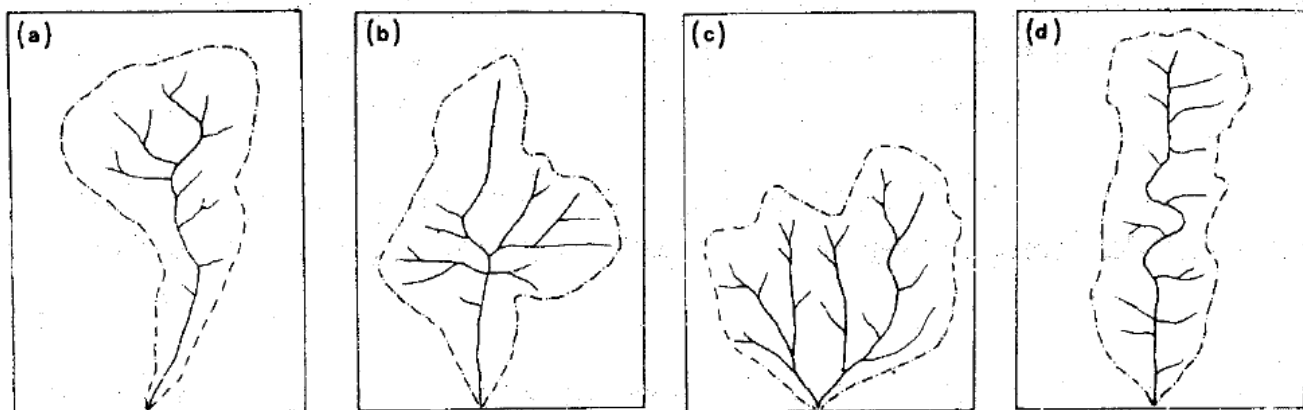
Zona formiranja bujice je područje zahvaćeno jakom erozijom gdje djelovanjem velike pokretne sile, od manjih, ali strmih potoka i brazda, nastaju erozijski lijevci koji se stalno proširuju.

Srednji dio toka obilježava uravnoteženo stanje s relativno ujednačenim pronosom nanosa. U ovome dijelu toka voda obično velikom brzinom protječe kroz usku dolinu. To je obično zona najvećeg nagiba toka.

Donji tok karakterizira taloženje nanosa, odnosno akumulacija materijala. Tako dolazi do stvaranja naplavine na kojoj bujica s vremenom stvara novo i zatrpava staro korito, a ponekad se njen tok dijeli u više korita.



Sl. 1 Dijelovi bujičnog toka (URL 1) 1 – granica bujičnog slijeva, 2 – erozijski lijevak, 3 – uska dolina, 4 – staro korito, 5 – nizvodni vodotok



Sl. 2 Osnovni oblici i vrste bujičnih slijevova (prema Apolovu, 1963) a) glavno grananje korita u gornjem toku b) glavno grananje korita u srednjem toku c) glavno grananje korita u donjem toku d) ravnomjerno grananje korita duž čitavog slijeva

Bujice se prema Apolovu (1963) ovisno o obliku i vrsti slijeva mogu podijeliti u 4 skupine. Tako je moguće glavno grananje korita u gornjem toku, na području srednjeg toka, na području donjeg toka te ravnomjerno grananje korita duž čitavog slijeva (sl. 2). Prema porijeklu bujične vode najčešći su bujični tokovi nastali uslijed jakih padalina (Jahić, 2017). Stoga je tokove promatrane u radu potrebno dovesti u odnos sa klimatskim obilježjima promatranog prostora, posebice s pojavom velikih količina padalina u kratkom vremenskom razdoblju. Klimatska je značajka jadranskog pojasa Republike Hrvatske češća pojava ekstremnih oborina. Upravo su duž jadranske obale mjerene najviše dnevne količine oborina za promatrano pedesetogodišnje razdoblje 1951. - 2000. (Zaninović i dr., 2008). Tako su na području Kvarnera zabilježene neke od najvećih vrijednosti dnevnih količina padalina za područje čitave Republike Hrvatske u promatranom razdoblju, primjerice 315 mm u Crikvenici i 250,8 mm u Cresu (Zaninović i dr., 2008). Najveća recentna katastrofa prouzročena bujicom na Kvarneru dogodila se tijekom kolovoza 1989. kada se procjenjuje da je na području slijeva Bašćanske suhe ričine palo oko 250 mm kiše u jednom danu što je rezultiralo protokom ovoga toka od oko  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  uzrokujući gotovo potpuno uništenje kampa u Baški i veliku materijalnu štetu (Benac i Knežević, 2011). Iako su, u takvim uvjetima, regulacije bujica nužne, potrebno je obratiti pozornost da se bilo kakvim intervencijama na području bujičnoga toka na čijem je ušću formirano prirodno šljunkovito žalo izbjegne smanjivanje prirodne prihrane žala novonastalom regulacijom (Juračić i dr., 2009). Utjecaj velikih količina padalina u kratkom vremenskom razdoblju na području jaruge i žala Potovošća na otoku Krku istraživali su Faivre i dr. (2011). Utvrđena je značajna izloženost

slijeva eroziji uslijed jakih padalina, kao i značajna promjena morfometrije žala uslijed ovakvog događaja.

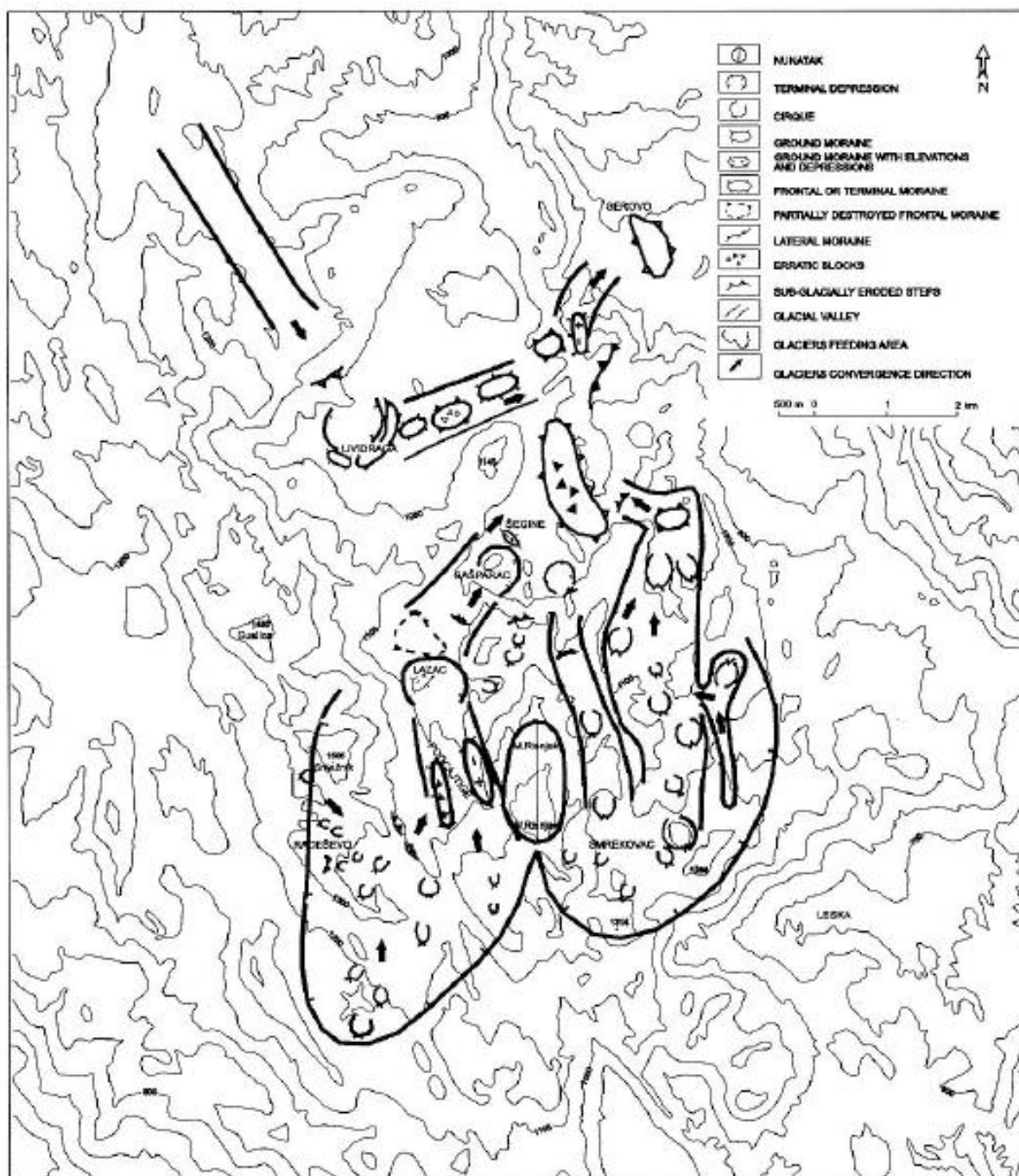
Bujice se za razliku od poplava nizinskih rijeka javljaju naglo. Opasnost od bujica proizlazi iz velike brzine vode koja često sa sobom nosi velike količine kamenih blokova, granja i otpadnog materijala zbog čega može prouzročiti veliku materijalnu štetu ili čak ljudske žrtve. Također, bujice se mogu javiti i u koritima koja su desetljećima bila suha. Ušća bujica u more najčešće su oblikovana kao prirodno šljunkovita žala koja su posebice atraktivna kao kupališta te su često okosnica turističke ponude (Benac i Knežević, 2011). Takav je tip kupališta rijedak na području Kvarnera zbog geološke građe i morfoloških značajki obale (Juračić i dr., 2009).

## **2.4. Glacijacija na području Hrvatske**

Tijekom 20. stoljeća počelo je proučavanje pleistocenske glacijacije i to prije svega one na Velebitu. Glacijacija je prvo pretpostavljana, kasnije opovrgavana, da bi na poslijetku bila i dokazana (Faivre, 1991; Bognar i dr., 1991). Na području Hrvatske istražena je glacijacija na području Sjevernog Velebita (Bognar i dr., 1991), Risnjaka (Bognar i Prugovečki, 1997), Srednjeg Velebita (Bognar i dr., 1997, Bognar i Faivre 2006), Južnog Velebita (Nikler 1973, Belij, 1985), Gumanca (Marjanc i dr. 2001), te područja slovenskog Snežnika i Gorskog kotara (Žebre i Stepšnik, 2016). Posljedice fluvioglacialnih procesa koji su djelovali tijekom oledbe i za vrijeme povlačenja ledenjaka vidljivi su i na nižim visinama, primjerice na području Grobničkog polja koje je zapunjeno velikom količinom fluvioglacialnog materijala (Grozić, 2016). Veća temperaturna kolebanja praćena pojavom glacijala na većem dijelu europskog kopna javljaju se u posljednjih 750 000 godina. U tom su se razdoblju izmjenjivali glacijali i interglacijali te pluvijali i interpluvijali. Svako je razdoblje bilo različito po temperaturi i humidnosti. U alpskom području postoji podjela na 4 glacijala: ginc, mindel, ris i virn. Klimatske su promjene bile vrlo kompleksne, a dužina trajanja glacijala i interglacijala vrlo različita. Unutar glacijala susreću se hladniji stadijali i topliji interstadijali. U pravilu su zahlađenja klime bila praćena povećanjem aridnosti. Posljednji stadijal zadnjeg glacijala virna, s maksimumom prije 22 000 godina bio je najhladniji tijekom cijelog pleistocena (Benac, 1996). Kao takav najvažniji je za kontekst promatranja glacijacije na području Hrvatske. Odgovarajući tragovi pleistocenske oledbe prvi put su pouzdano utvrđeni kartiranjem područja Sjevernog Velebita za potrebe projekta „Geomorfološko kartiranje Republike Hrvatske“. Tada su utvrđeni egzaracijski i akumulacijski morfološki elementi te odgovarajući korelativni sedimenti. Također, utvrđeno je da je oledba zahvatila

vršni dio sjevernog Velebita iznad 1300-1400 m nadmorske visine te da je zahvatila površinu od oko 115km<sup>2</sup>. Oledba ograničena na manje fragmente utvrđena je i ispod navedenih nadmorskih visina. Utvrđeni su ledenjaci tri osnovna tipa. To su cirkni, dolinski i platoasti tip ledenjaka. U radu je zaključeno da je istočna obala Jadrana i u vrijeme pleistocena bila relativno bogata padalinama što je doprinijelo glacijaciji (Bognar i dr, 1991). U radu A. Klein (1953) izračunate su srednje mjesečne i godišnje temperature za Zagreb u maksimumu virmskog ledenog doba na temelju Poserove matematičke rekonstrukcije. Utvrđena razlika srednje godišnje temperature za Zagreb u doba virma je 13,4°C u odnosu na vrijednosti tada važećeg prosjeka. Temperaturnu razliku takvog razmjera u odnosu na aktualne prosječne temperaturne vrijednosti može se uzeti u obzir i za ostala područja Hrvatske. Huges i dr. (2010) utvrđuju da je pri zahlađenju prosječne godišnje temperature od 12-13°C u odnosu na današnje vrijednosti potrebno >1000 mm padalina za formiranje i održavanje ledenjaka na visinama do kojih je pleistocenska glacijacija zabilježena. Ukoliko je temperatura viša, za održavanje ledenjaka potrebna je veća količina padalina (Huges i dr, 2010).

Glacijacija je također zahvatila područje Gorskog Kotara i Snežnika u susjednoj Sloveniji. Na području masiva Risnjaka dokazano je postojanje niza ledenjaka od kojih su neki imali dužinu veću od 20 km (Bognar i Prugovečki, 1997). Na tome području pronađene su morene na nadmorskim visinama između 1220 i 750 metara nadmorske visine (sl. 3). U radu Bognar i Prugovečki (1997) izračunato je kako je u okolnostima virmske klime padalina bilo oko 30% manje, dok je prosječna godišnja temperatura bila 13.4°C niža u odnosu na današnje vrijednosti. Snježna granica na području Snježnika i Risnjaka nalazila se na 1150-1236 m nadmorske visine (Bognar i Prugovečki, 1997). Smatra se da je glacijacija na području Gorskog kotara i Snežnika zahvatila najmanje 140 km<sup>2</sup> (Žebre i Stepišnik, 2016). Na ovome se području nalaze i brojni glaciofluvijalni sedimenti, poput onih na lokalitetu Gumance. To je udolina površine 1,9 km<sup>2</sup> gdje je čvrsto vapnenačko dno zatrpano desecima metara nanosa virmske starosti. Radi se prije svega o šljuncima i pijescima koji su bili taloženi u plitkim vodotocima koji su se ispreplitali na ravnicu ispred dolinskog ledenjaka u vrijeme sezonskog topljenja ledenjaka koji se spuštao sa Snežnika (1797 mnv) (Marjanc i dr., 2001). U odnosu na opseg oledbe, fluvioglacialnih sedimenata ima relativno malo što je posljedica činjenice da se velik dio vode od topljenja leda drenirao izravno u krško podzemlje (Grozić, 2016). Saznanja o glacijaciji područja Gorskog Kotara zbog blizine su važna za kontekst promatranja glacijacije na području Učke.



Sl. 3 Glacijacija na području Risnjaka (Bognar i Prugovečki, 1997)

## 2.5. Glacioeustatske promjene razine mora

Morska razina predstavlja globalnu granicu iznad koje prevladavaju procesi erozije (trošenja stijena i odnošenja materijala), dok ispod nje prevladavaju procesi akumulacije materijala. S oscilacijama morske razine tijekom geološke prošlosti, mijenjao se i prostorni raspored te intenzitet erozije i akumulacije (Benac i dr., 2017). Promjene razine mora koje se najčešće istražuju odvijale su se posljednjih nekoliko stotina tisuća godina s obzirom na to da su dokazi starijih razina mora uglavnom uništeni (Surić, 2009). Radi se o vremenu od

posljednjeg glacijalnog maksimuma do danas. Posljednji glacijalni maksimum veže se najčešće uz razdoblje prije 21 000 godina, s morskom razinom  $121 \pm 5$  m nižom od današnje (Fairbanks, 1989). Na početku zatopljenja morska se razina podizala vrlo naglo, a zatim sve usporenije (Benac, 1996). Tipični obalni oblici koji omogućuju određivanje prijašnje morske razine su marinske terase, klifovi, plimne i valne potkapine, žala, morske spilje itd., danas izdignuti ili potopljene. U podmorju duž cijele istočne obale Jadrana nalaze se brojni krški oblici potopljene gornjopleistocensko-holocenskom transgresijom. Potapanjem krških oblika prestaju djelovati procesi okršavanja za koje je uobičajeno da prestaju djelovati na razini erozijske baze koja je u ovom slučaju razina mora (Surić, 2005). Među geomorfološkim indikatorima morske razine na hrvatskoj obali najviše su proćavane plimne potkapine. Njihova dobra očuvanost upućuje na dugo razdoblje stagnacije morske razine (Surić, 2009). Trenutni položaj plimskih potkapina na području Kvarnera u većini slučajeva je oko 0,5 m ispod morske razine, no pojavljuju se do razine od 115 cm ispod sadašnje morske razine (Benac i dr., 2008). Kao indikator recentnih promjena morske razine korišćeni su i algini vijenci koji omogućuju rekonstrukciju paleo klime i paleo razine mora (Faivre i dr., 2013). U radu Faivre i dr. (2013) utvrđene su četiri osnovne faze recentne promjene morske razine u povijesnom razdoblju, a koje su u vezi sa naglim klimatskim promjenama. Tako je utvrđena stagnacija morske razine za vrijeme ranog srednjeg vijeka, zatim njen porast tijekom toplog srednjevijekovnog razdoblja, potom stagnacija, pa spušćanje morske razine za vrijeme malog ledenog doba te konaćno porast razine mora zabilježen od početka industrijskog razdoblja do danas. Pri rekonstrukciji položaja morske razine u povijesnom razdoblju dobar pokazatelj mogu biti arheološki nalazi, poput primjerice rimskih i grćkih na otoku Visu (Faivre i dr., 2010). Također, niz geomorfoloških oblika prema svom nastanku mogu biti isključivo terestrićkog porijekla ćime jasno upućuju na nižu relativnu morsku razinu prilikom njihova formiranja (Surić, 2009). Takav je slučaj sa potopljenim speleološkim objektima kojih je do 2006. na hrvatskoj obali i otocima registrirano 234 od kojih je 140 sadržavalo sige (Surić, 2009). Za promatrano područje važno je razdoblje kada je morska razina dosegla približno današnju razinu, a radi se o posljednjih oko 5000 godina (Benac i Juraćić, 1998). To je važno zbog formiranja naplavina i žala na području donjeg toka promatranih vodotoka koji su formirani nakon što se erozijska baza ustalila na približno današnjoj razini. Prije porasta morske razine, bujićni tokovi nastavljali su teći nizvodno u Kvarnerski zaljev. Zabilježene su usječene doline vodotoka na današnjem morskom dnu koji su tekli do područja Kvarnerića u vrijeme kada je morska razina bila i više od 100 m niža od sadašnje (Benac i Juraćić, 1998). Morska razina varirala u manjim rasponima i u bližoj geološkoj prošlosti. Tako je tijekom

posljednjih 2400 godina na području Visa utvrđeno kolebanje morske razine u rasponu od 2 m (Faivre i dr., 2010a, 2010b). Također, arheološki ostaci na području Istre i Kvarnera upućuju na to da je razina mora prije 2000 godina bila oko 1 m niža od današnje. (Faivre i dr., 2019). Na promjene lokalne relativne morske razine nekog područja utjecaj ima i tektonsko spuštaje ili izdizanje terena. Na području Istre u posljednjih 2000 godina bilo je najprije procijenjeno na temelju brzina sedimentacije (Faivre i dr., 2011). Najnovija istraživanja pokazuju da se radi o brzinama od 0,4 mm/god (Faivre i dr., 2019) dajući tako doprinos relativnom porastu razine mora.

### **3. Dosadašnja istraživanja**

Geološka istraživanja na području Istre započela su tijekom 19. stoljeća no radilo se većinom o preglednim geološkim kartama pojedinih područja. U čitavom razdoblju od 1849. do 1934. godine dat je niz manje ili više detaljnih pregleda lokalnih područja Istre s odgovarajućim skicama ili kartografskim prikazima za što su bili zaslužni većinom strani autori. Prvu geološku kartu područja lista Labin koja će se koristiti u ovome radu u mjerilu 1: 100 000 izradio je Lipparini (1924./1928.) (Polšak i Šikić, 1973). Područja istočne i sjeveroistočne Istre, a time i područje lista Labin počinju se značajnije proučavati nakon završetka Drugog svjetskog rata pod okriljem Jugoslavenske akademije u Zagrebu. Niz geoloških istražnih radova izveli su potom geolozi Instituta za geološka istraživanja SRH u Zagrebu (Polšak i Šikić, 1973).

O tektonici i kinematici deformacija na primjeru Istre pisali su Marinčić i Matičec (1991). Određuju se tri tangencijalne faze deformacije struktura.

O strukturno-geomorfološkim značajkama i morfotektonskom modelu razvoja gorskog hrpta Učke pisao je Mihljević (1996). U radu objašnjava uzrok meridionalnog pružanja gorskog Učke nasuprot dinaridskom pružanju većine gorskih hrptova i masiva gorske zone Vanjskih Dinarida. Također tumači uzrok stepeničastog ocrta dolina oblikovanih duž istočnih padina gorskog hrpta Učke te objašnjava postanak kanjona Mošćeničke Drage i Medveje. Kao nejasnoću navodi nemogućnost pronalaska pripadajućeg denudiranog materijala nastalog oblikovanjem kanjona ovih dimenzija. Smatra da bi se tako velika količina snešenog materijala u relativno kratkom geološkom razdoblju i na relativno malu udaljenost morala odraziti u svijanju izobata prema pučini (oplićavanju priobalja), što se ne zamjećuje.

## **4. Prostorni obuhvat istraživanog područja**

### **4.1. Obuhvat i položaj**

Gorski hrbat Učke s jugoistočnim dijelovima Ćićarije zahvaća sjeveroistočni dio istarskog poluotoka koji se obično ograničava s crtom koja ide od Riječkog prema tršćanskom zaljevu. Geografski gledano cijela Učka ne pripada pravoj Istri, nego je njena primorska padina orijentirana prema Kvarneru te prometno i gospodarski uključena u prostor Kvarnera (Magaš, 2013). Istraživani prostor nalazi se na području primorske padine Učke koja se približno proteže od Preluka pa do Plominske uvale. Donji dijelovi jaruga i dolina koje završavaju na obali potopljene su morem, pa je na obalnoj crti formirano niz malih uvala i uvalica. Zbog toga je obala opatijskog primorja pilasto nazubljena (Mihljević 1995). To je jedini izrazito transverzalni dio našeg primorja i najslabije je razvedena (Rogić 1975 prema Turk, 1996). Tu se od 19. stoljeća razvija turizam, pa se današnji turističko-rekreacijski kompleks formiran na ovome području naziva Opatijskim primorjem ili Opatijskom rivijerom, ističući tako današnju prostornu stvarnost (Turk, 1996).

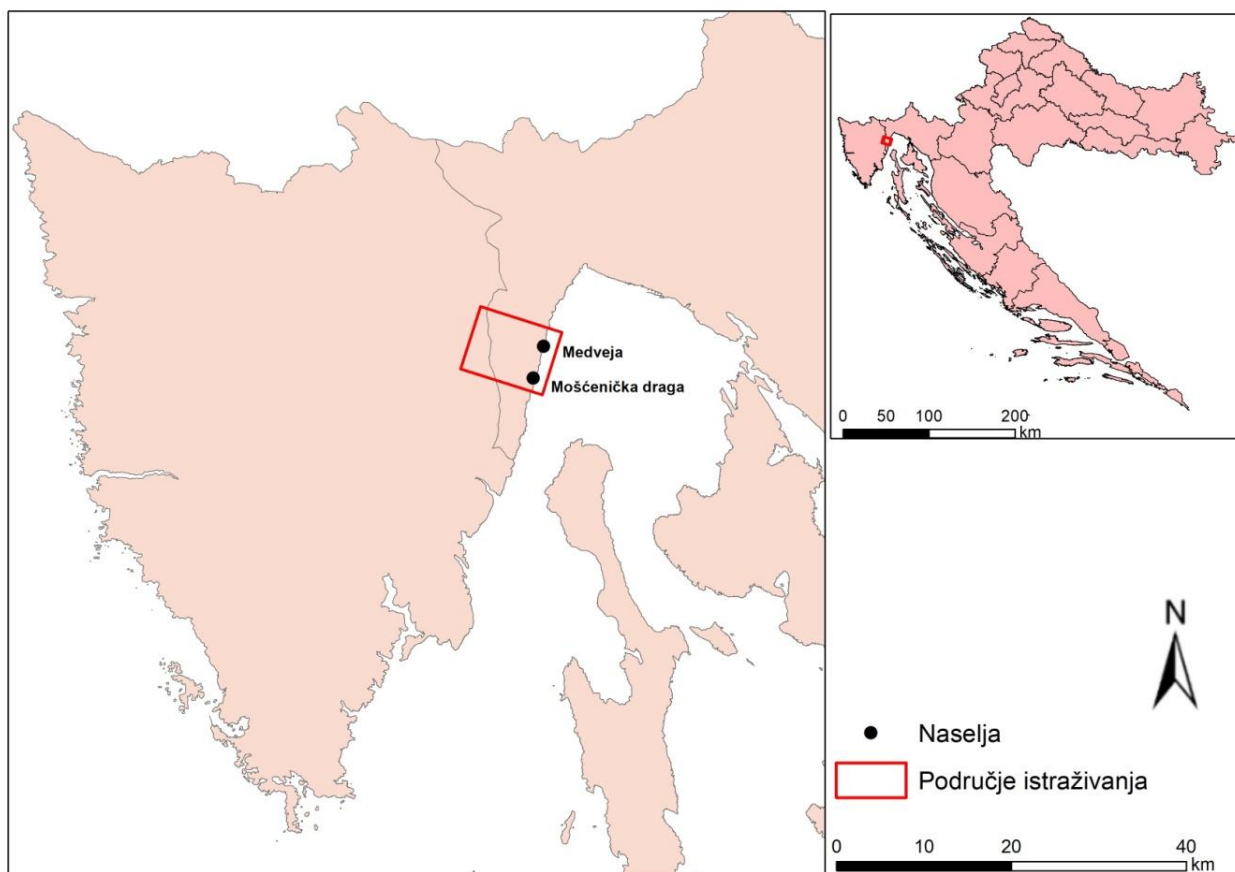
Prema definiciji European Landscape Convention (Firenza, 2000.) „krajobraz je dio zemljišta koji se razvija u vremenu pod utjecajem prirodnih procesa i čovjeka“. Krajobraz ili pejzaž rezultat je dakle prirodne osnove nekoga prostora i ljudskoga djelovanja koje je u određenoj mjeri taj prostor izmijenilo. Primorsku padinu Učke obilježava uglavnom sjeveroistočna ekspozicija krških gorskih padina pod submediteranskim krškim sastojinama. Tisućljetni krajolik praktički je nestao uslijed snažnih procesa deagrarizacije i depopulacije, odnosno gašenja agrarno-stočarskog gospodarenja unutar prostornog sustava gradske regije Rijeke (Magaš, 2013). Zbog toga se kontinuirano smanjuju prostori travnjaka i pašnjaka na području Učke. Kako su takvi prostori važno stanište flore i faune i važno obilježje krajobraza, potrebno je razmotriti mogućnost njihova očuvanja u okviru planiranja prostornog razvoja. Prostor kanjona Medveja i Mošćenička draga izmijenjen je u tolikoj mjeri koliko je sama prirodna osnova to dopuštala, pa su prostori velikih nagiba kanjonskih strana zbog nepristupačnosti antropogeno slabo izmijenjeni, dok su primjerice mlađe paleogene nepropusne flišne naslage, sastavljene pretežito od lapora i pješčenjaka bile povijesno važnije u životu ljudi ovoga prostora zbog čega su ti prostori više antropogeno izmijenjeni stvaranjem naselja i povezano s time poljoprivrednom djelatnošću. Međutim, i najnepristupačniji predjeli u izvjesnoj su mjeri mogli biti izmijenjeni utjecajem požara, a oni nešto pristupačniji siječom šume i ispašom. U recentnom razdoblju u naseljima Lovranska draga te zaseocima u kanjonu Mošćeničke drage odvija se izrazita depopulacija i deagrarizacija čime se utjecaj čovjeka



smanjuje zbog čega dolazi do sukcesije vegetacije. S druge strane, područje bliže obali je pod sve većim pritiscima i sve jače izmijenjeno zbog povećanog opsega turističke djelatnosti koju obilježava gradnja novih smještajnih kapaciteta i ostalih sadržaja. Najveća naselja na promatranome području su Medveja sa 177 stanovnika i Mošćenička draga sa 1476 stanovnika prema popisu stanovništva iz 2011. godine (Popis stanovništva, 2013). Ta su naselja smještena na obali, uz dva šljunčana žala čija je geneza povezana sa radom tekućica iz ovih kanjona. Žalo Medveja dugačko je oko 420 m, a površina mu iznosi 44.000 m<sup>2</sup> (Lončar, 2016). Ta su dva žala najznačajnija i prostranstvom među najvećima na Kvarneru te predstavljaju važan turistički resurs, a turizam i s njime povezane djelatnosti glavni su izvor prihoda stanovništvu Medveje i Mošćeničke drage, važnim turističkim destinacijama Kvarnera. Turizam utječe i na snažno povećanje populacije ovih naselja u ljetnim mjesecima, povećavajući tako pritiske na infrastrukturu i okoliš.

S administrativnog gledišta, promatrani prostor se u cijelosti nalazi na području općina Lovran i Mošćenička draga i to prostor kanjona Mošćenička Draga na području općine Mošćenička draga, a prostor kanjona Medveja na području općine Lovran. Čitav promatrani prostor dio je Primorsko-goranske Županije, a znatan dio promatranog prostora dio je zaštićenog područja Parka prirode Učka kojim upravlja istoimena javna ustanova. Prostor je funkcionalno dio riječke makroregije.

Prostorni obuhvat istraživanja biti će zbog boljeg razumjevanja i ispunjenja zadanih ciljeva širi od samog kanjonskog prostora, odnosno obuhvatit će u određenoj mjeri i okolni prostor (sl. 4).



Sl. 4 Prostorni obuhvat istraživanog područja

## 4.2. Geološka građa

Ovo poglavlje pisano je na temelju geološke karte lista Labin 1: 100 000 (Šikić i dr., 1963) te tumača za list Labin osnovne geološke karte 1: 100 000 (Polšak i Šikić, 1973) i poglavlja o geološkom građi aktualnog Prostornog plana Parka prirode Učka (2006).

Naslage promatranog područja isključivo su sedimentnog tipa, a prema geološkoj starosti pripadaju krednoj i paleogenskoj epohi te kvartarnom razdoblju (sl. 5). Kredne i paleogenske naslage su litificirane, pa se ubrajaju u čvrste sedimentne stijene, dok su kvartarne naslage litogenetski vrlo različite, najčešće nevezane ili slabo vezane. Zajednička im je značajka da tvore pokrivač na karbonatnim stijenama koji nije cjelovit i najčešće je male debljine.

Najveći dio promatranog područja čine naslage gornje krede cenomana do turona, a sadrže brojne litološke varijetete karbonatnog tipa. Prije svega su to sivi i smeđi pločasti vapnenci, koji prelaze u kristalaste sive dolomite, zatim bijeli, jedri kristalinični vapnenci i rudistne vapnenačke breče te sivi i smeđi homogeni do detritični pločasti vapnenci (sl. 6).

Naslage ovog tipa nalaze se u širokom pojasu od Plominske drage do Lovranske drage odnosno Medveje.

Manji dio promatranog područja čine naslage gornje krede turona do senona. To su većinom bijeli do ružičasti jedri vapnenci s brojnim fosilima rudista. Navedene stijene karakterizira kriptokristalasta do kristalasta struktura te su obično debeloslojevite do bankovite (sl. 6).

Paleogenski klastiti odnosno naslage fliša sastoje se pretežito od silita i pješčenjaka, najčešće izražene graduirane slojevitosti. Dominiraju sitnozrnate naslage među kojima prevladavaju glinoviti do pjeskoviti siliti, a povećanjem učešća pijeska naslage prelaze u siltozni pješčenjak. Sitnozrnati članovi fliša su u svježem stanju prepoznatljive sivoplavičaste boje. Povećanjem stupnja raspadanja njihova boja prelazi u žućkastosivu do smeđežućkastu. Naslage fliša nalaze se na površini u isprekidanom pojasu od Medveje do Lovranske drage te u podnožju vršnog hrpta sjeverne Učke (sl. 5). Pojava fliša važna je u krškim područjima zbog vodonepropusnosti koja omogućava oborinskoj vodi da ostane na površini ili podzemnoj vodi da izbije na površinu.

Osim fliša, paleogenske su starosti i foraminiferski vapnenci, a na promatranom području nalaze se iznad Medveje i Lovranske drage.

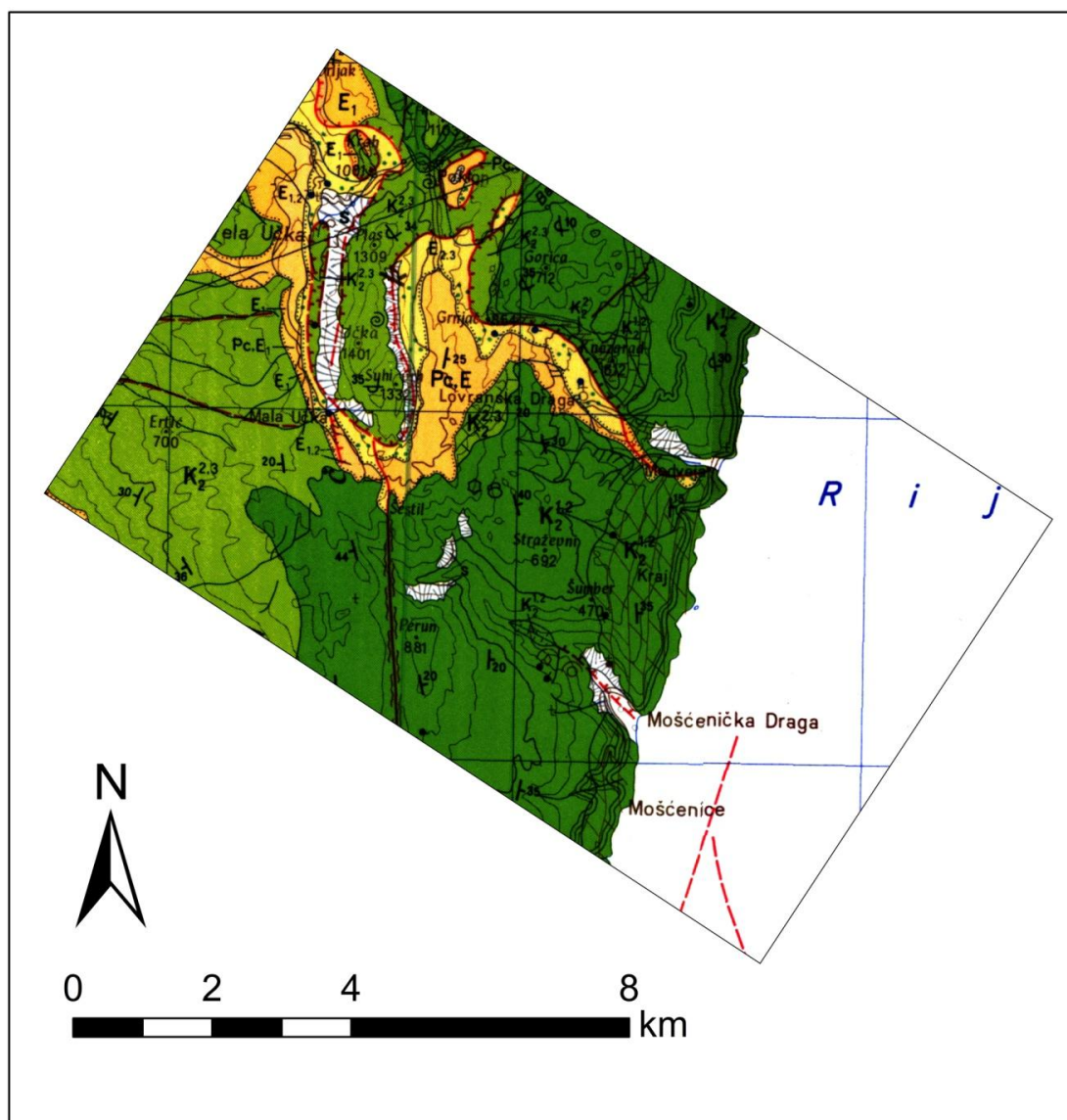
Na promatranom području naslage kvartarne starosti raznolikog su litološkog sastava i geneze, a odnose se na crvenicu, deluvijalni nanos, aktivni sipar i potočni nanos.

Crvenica se često susreće kao pokrivač na karbonatnim naslagama, posebice vapnencima. Po sastavu je pretežno glinovito-prašinski materijal znakovite smeđecrvene boje. Crvenica na različitim lokacijama vjerojatno ima i različitu pedogenezu. Tako neke crvenice imaju značajke recentnih, druge reliktnih, dok neke imaju značajke paleo tala. Na promatranom području mjestimično je šire rasprostranjena, no većinom se nalazi u brojnim krškim depresijama: ponikvama i uvalama. Naslage su različite debljine: od vrlo tankih na padinama i uzvišenjima do višemetarskih naslaga u ponikvama, gdje tvore cjelovit pokrivač.










Koluvijalno-deluvijalni nanos raširen je na matičnim stijenama fliša i vrlo je raznolikog sastava pri čemu prevladava mješavina odlomaka i pjeskovito – prašinasto – glinovitog materijala. U podnožju karbonatnih litica na dodiru s flišnom podlogom debljina tih padinskih tvorevina može biti višemetarska.

Aktivni sipar nevezan je i lako pokretljiv materijal, a čine ga uglasti odlomci različite veličine, najčešće 5 do 20 cm, no ima i većih blokova. Debljina sipara najčešće je 1 do 3 m, iznimno i više. Javljaju se najčešće na strmim karbonatnim padinama, poglavito na vapnencima. Izvor materijala su strme karbonatne litice, u podnožju kojih se formiraju sipari.

Potočni nanosi promatranog područja nalaze se na hipsometrijski nižim i zaravnjenim dijelovima bujičnih dolina gdje čine višemetarske naslage koje se sastoje od valutica, šljunka i pijeska. Veći dio nataloženog materijala vjerojatno potječe iz vremena kada su ove bujice imale veću snagu i donosile više materijala.



Sl. 5 Geologija promatranog područja – segment iz OGK Labin (Polšak i dr., 1963)

	Sipar
	Ilovine, pijesci i šljunci
	Flišne naslage
	Numulitni vapnenci
	Foraminiferski vapnenci
	Miliolidni vapnenci
	Sivi i smeđi homogeni pločasti vapnenci s lećama bijelih jedrih vapnenaca i breča s rudistima
	Bijeli, jedri, kristalični vapnenci i bijeli brečasti rudistni vapnenci
	Sivi i smeđi, homogeni i detritični, tanje ili deblje uslojeni vapnenci

Sl. 6 Legenda kartiranih jedinica segmenta OGK Labin (Polšak i dr., 1963)

### 4.3. Geomorfološka obilježja

#### 4.3.1. Geomorfološki položaj

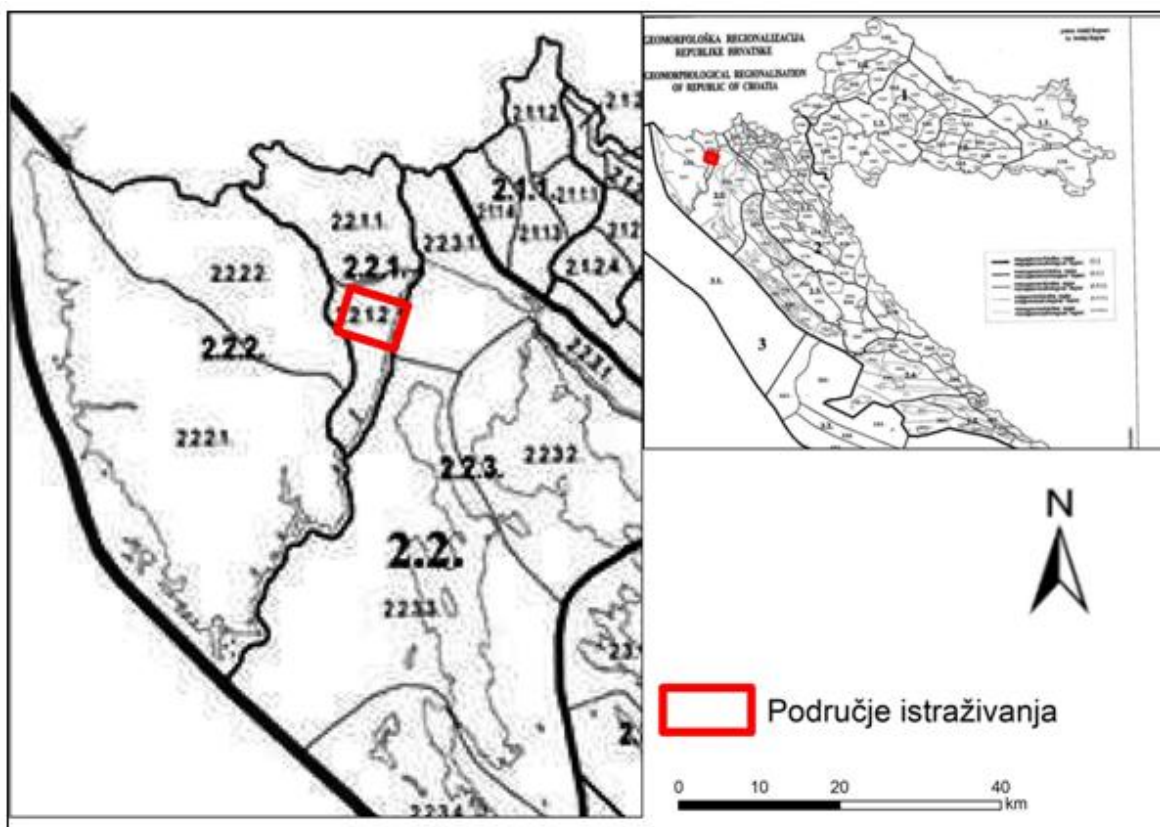
Geomorfološki položaj područja predstavlja njegov položaj u geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske (Bognar, 2001). Regionalizacija reljefa Hrvatske izvršena je na temelju morfostrukturnih, morfogenetskih, orografskih i litoloških datosti. Kao dopunski čimbenik uzeta je u obzir hidrografska mreža. Prema toj regionalizaciji istraživano područje se svrstava u sljedeće kategorije (sl. 7):

Megageomorfološka regija – Dinarski gorski sustav

Makrogeomorfološka regija – Istarski poluotok s kvarnerskim primorjem i arhipelagom

Mezogeomorfološka regija – Gorska skupina Ćićarije s Učkom

Subgeomorfološka regija – Gorski Hrbat Učke



Sl. 7 Položaj promatranog područja u okviru gemorfološke regionalizacije Hrvatske (Bognar, 2001)

#### 4.3.2. Morfogenetska obilježja

Počeci stvaranja današnjeg reljefa datiraju u paleogensku epohu geološke prošlosti jer se smatra da je u to vrijeme na području sjeveroistočnog Jadrana započelo izražavanje podvlačenja odnosno subdukcija Jadranske karbonatne platforme pod Dinarsku karbonatnu platformu. Na području Kvarnera razlikuju se tri regionalne strukturne jedinice: Dinarik, na sjeveroistoku, Adrijatik, u središtu i Istra na zapadu, odnosno jugozapadu. Na regionalnom planu Dinarik se navlači na Adrijatik, a Adrijatik na Istru. Promatrano područje, odnosno planinski hrbat Učke nalazi se u cjelini u sklopu geodinamske jedinice Adrijatik. U sklopu Adrijatika pripada nižoj strukturnoj cjelini: navlačnoj jedinici Učka - Ćićarija (Polšak i Šikić, 1973).

Tektogeneza ovoga prostora vezana je za podvlačenje Jadranske karbonatne platforme pod Dinaride. Smatra se da je kretanje Jadranske ploče prema sjeveroistoku uzrok sažimanja šireg područja na prijelazu iz paleogenske u neogensku epohu geološke prošlosti, tijekom „pirinejske orogenetske faze“ prije oko trideset milijuna godina. Linearno izdužene bore koje su u početku nastale imale su pružanje SZ-JI. Reversni rasjedi paraklaza nagnutih prema

sjeveroistoku nastali su daljnjim pokretima ploče te pojačavanjem deformacija. Promjena smjera kretanja Jadranske ploče od sjeveroistoka prema sjeveru, od sredine miocena, dakle prije oko petnaest milijuna godina, uvjetovala je preoblikovanje ranije stvorene tektonske strukture. Takav trend nastavlja se i danas, čemu svjedoči izražena seizmička aktivnost istočne obale Jadrana (Mihljević, 1996).

Presudnu ulogu u oblikovanju današnjih morfostrukture imali su neotektonski pokreti od donjeg pliocena do danas, odnosno tijekom posljednjih pet milijuna godina. Odražavali su se u horizontalnim i vertikalnim pokretima različitih predznaka i intenziteta.

Zbog suprotnog kretanja Jadranske platforme u odnosu na Dinaride, stijene u graničnom prostoru trpe izrazita smičuća naprezanja, uslijed čega dolazi do sigmoidalnog savijanja u obliku razvučenog slova Z (Mihljević, 1996). Zbog nastavljenih pritisaka i sažimanja stijena dolazi do savijanja i razdvajanja rasjeda, oblikovanja tektonskih klinova te razgradnje strukture već oblikovanog meridionalno položenog hrpta Učke pri čemu dolazi do formiranja uzvišenja i udolina. Ovakav tektonski razvoj prouzročio je izrazitu složenost strukture Učke. Na području planinskog hrpta Učke ustanovljeno je više navlaka s blago nagnutim paraklazama, koje tonu u smjeru sjevera. Tektonska aktivnost izražena rasjedanjima uvjetovala je navlačnu građu Učke, pri čemu su stariji kredni vapnenci navučeni na mlađe flišne naslage. Zbog toga se područje Učke izdvaja kao gorski hrbat s borano navlačnom ljuskavom građom.

Za razvoj kanjona Medveje i Mošćeničke drage važna su snažna naprezanja koja dovode do raspadanja vapnenačkih stijena i različitog utiskivanja u plastičniji fliš na koji su bile prethodno navučene. Na mjestu najjače svinutosti navlake, odnosno u točki infleksije čelo navlake puca i javlja se rasjed pružanja SI-JZ lijevog pomaka. Tako je navlaku presjekao rasjed i uslijedilo je gravitacijsko spuštanje navlačne plohe po flišnoj podlozi prema depresiji Riječkog zaljeva, odnosno došlo je do povlačenja (regresije) čela navlake granične strukturama Učke i Ćićarije (Mihljević, 1996). Na taj način postupno se otvara tektonsko poluokno Rečine. Vjerojatno istodobno, dolazi do otvaranja velikih pukotina duž kojih započinje oblikovanje kanjona Mošćeničke drage i kanjona Medveje (Mihljević, 1996).

#### **4.3.3. Morfografska obilježja**

Gorski hrbat Učke meridionalno se proteže 20-ak km od Plominskog zaljeva na jugu do jugoistočnih obronaka gorske skupine Ćićarije. Kao takav, dominantan je reljefni oblik šireg prostora. Za sjevernu granicu Učke obično se uzima prijevoj Poklon na 922 m nadmorske visine koji se nalazi između vrha Jazvine (1104 m) i Crkvenog vrha (1101 m).

Crkveni vrh i Ravne staje (1110 m) nalaze se sjevernije od prijevoja, ali su dio meridijanske strukture Učke i čine prijelaz prema orografskoj strukturi Ćićarije (Mihljević, 1995). Prijevoj Poklon ujedno je i najpogodniji prijelaz između kvarnerskog područja i unutrašnjosti Istre, a prometno je valoriziran cestom zvanom „istarska Jozefina“ koja je 1970-ih godina i asfaltirana. Od poklona je također izgrađena asfaltirana cesta do vrha Vojak (1396 mnv) koji je ujedno i najviši vrh Učke. Zahvaljujući činjenici da je Vojak izniman vidikovac sa pogledom na sve strane svijeta, još je 1911. ondje izrađen razgledni toranj. Danas se ondje nalaze još i vojni radar te televizijski odašiljač. Stalna geodetska točka izmjere nalazi se na razglednom tornju, pa se često kao visina vrha Učke uzima 1401 m nadmorske visine.

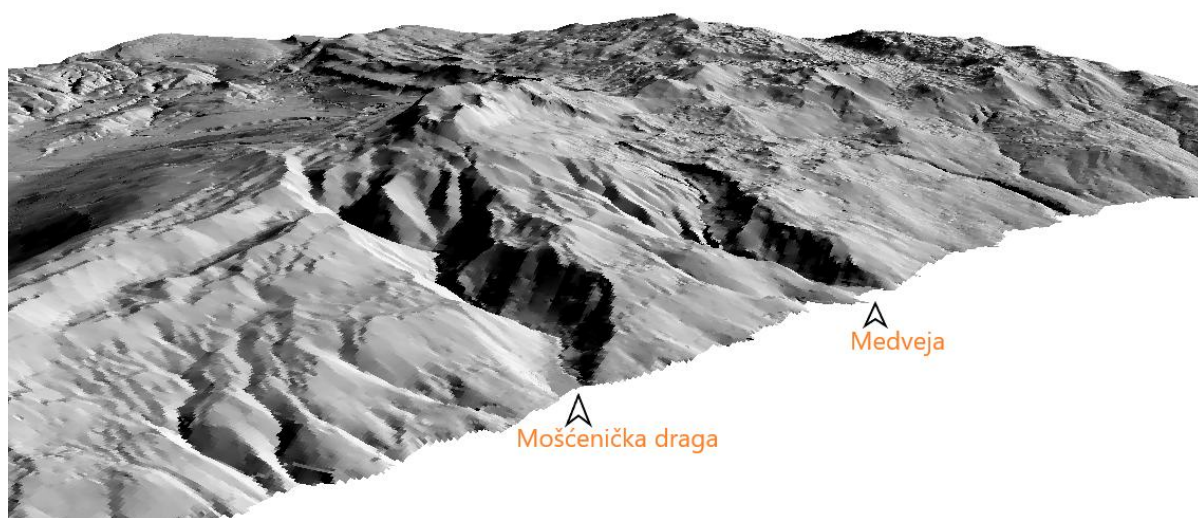
Gorski hrbat Učke može se morfografski izdvojiti u tri cjeline. To su sjeverni, srednji i južni dio (Mihljević, 1995). Najviši je sjeverni vršni dio kojega čine Vojak i okolni vrhovi koji se protežu u vidu dva grebena vrlo strmih padina. U promatrano područje parcijalno ulazi još i srednji dio Učke u kojem su također oblikovana dva grebena. Zapadniji greben čine vrhovi Brgud (907 m), Kremenjak, (872 m) i Osrinj (735 m), a istočniji Perun (881 m) i Gradec (748 m). Srednji dio odvojen je udolinom Prodol od južnog dijela koji za rad nije važan, stoga neće biti detaljnije razmatran.

Na primorskoj se padini sjeverne Učke javljaju dva blago nagnuta pregiba, odnosno denudacijske stepenice. Gornja se nalazi na približno 600-700 m nadmorske visine oko Zagrada i Veprinca i proteže se južnije na prostore oko potoka Banine i Pavlinovog dolca. Niža denudacijska stepenica nalazi se na visinama 300-450 m i proteže se od Bregi preko Travčica do Dobreća i Visoče. Između Dobreća i Visoče presjeca je promatrani kanjon Medveje. Dalje u prostor srednje Učke ova denudacijska stepenica se nalazi na oko 500 m i nakon kanjona Mošćeničke drage nastavlja se kod mjesta Vojvodići. Takvi blaže nagnuti tereni značajni su kao povijesna žarišta naseljenosti i obradivih površina na obroncima Učke. Na približno istim lokacijama nalaze se i suvremena naselja koja su se dodatno gradnjom novih objekata širila u okolni prostor. Tako se također na promatranom području u zoni manjih nagiba terena razvilo naselje Lovranska draga. Smještaj naselja time je pogodniji što se u toj zoni nalaze nepropusne paleogene naslage fliša sastavljene pretežito od lapora i pješčenjaka, što je omogućilo poljoprivrednu aktivnost.

Promatrane kanjone morfografski obilježava duboka usječenost u primorsku padinu Učke (sl. 8), koja se najviše manifestira u srednjem dijelu toka. Gornji dio toka područje je zahvaćeno jakom erozijom, gdje se formiraju manji, ali strmi potoci i brazde, koji se kasnije spajaju u glavni tok. U srednjem dijelu ovih tokova voda protječe uskom dolinom okružena strmim kanjonskim stranama. U donjim dijelovima promatranih tokova talože se nanosi,



odnosno stvaraju se naplavine. Na naplavinama su bujice prije nego što su regulirane stvarale novo i zatrpavale staro korito ili su se račvale u više korita. Danas su korita u ovom dijelu toka regulirana, a prostor donjeg toka je mjestimično gusto izgrađen i valoriziran. Na području naplavine bujice Medveja danas se nalazi infrastruktura kampa Medveja. Korito bujice u Mošćeničkoj dragi je regulirano u donjem dijelu toka kroz naseljeno područje na 100-godišnju protoku (Jurinović, 2007).



Sl. 8 Vizualizacija reljefa promatranog područja pomoću programa ArcScene

#### 4.4. Klimatska obilježja

Na klimu promatranog područja utječe niz faktora. Prije svega važan je položaj u umjerenim geografskim širinama gdje na razini globalne cirkulacije zraka dominiraju zapadni vjetrovi, odnosno zonalna zapadna cirkulacija ili glavni zapadni vjetrovi (Šegota, 1976). Važan je i položaj na sjevernom rubu Jadranskog mora, na prijelazu između Sredozemlja i Euroazijske cjeline. Sredozemno i (nešto manje) Jadransko more ljeti ublažavaju neugodne utjecaje suhe i vruće kontinentske tropske zračne mase cT sa prostora sjeverne Afrike. Osobine te zračne mase modificiraju se prelaskom preko Sredozemlja, a osim termičkih promjena veliku važnost ima i upijanje vodene pare pri prelasku preko područja morskih površina (Šegota, 1976). Osvježenje povremeno donose hladne fronte sa sjevera kontinenta koje su ljeti razmjerno rijetke zbog blokirajućeg utjecaja grebena azorske anticiklone. Kvarnersko priobalje ima uglavnom blage i vlažne zime, dok su ljeta relativno vruća i sa manje oborina. Ta su klimatska obilježja šireg prostora na promatranom prostoru modificirana nadmorskom visinom, pa su ljeta na višim nadmorskim visinama nešto ugodnija, odnosno svježija, a zime hladnije uz češću pojavu snijega sa porastom nadmorske visine. Zimi preko

Alpa i Dinarida iznad kontinentalnih dijelova Europe dotječe hladan i suh zrak kontinentske arktičke, cA, zračne mase, koji može znatno sniziti temperaturu. Te zračne mase prodiru u sredozemlje prosječno 4-5 puta tijekom zimskog dijela godine (Šegota, 1976). U slučaju nastanka ciklone, što je česta reakcija Sredozemlja na nailazak hladnog zraka, može biti obilnijih snježnih padalina na području Učke. Dio promatranog prostora u neposrednoj blizini mora karakteriziraju blage klimatske prilike tijekom zime. Blagost zima priobalne zone promatranog područja pokazuje i broj hladnih dana (minimalna temperatura manja od 0°C) kojih u Opatiji ima svega 15 godišnje, te samo 0,4 studena dana kad je maksimalna temperatura manja od 0 °C. Ugodna zima bila je jedan od najvažnijih razloga početka opatijskog turizma u 19. stoljeću kojega su poticali i razvijali ljudi iz "hladnijeg i tmurnijeg" dijela tadašnje Europe (Turk, 1996).

Prema Köpenovoj klasifikaciji klime viši predjeli Učke imaju umjereno toplu kišnu klimu s toplim ljetom (Cfb), dok niži dijelovi, kao što je Opatija i uski priobalni pojas, imaju umjereno toplu kišnu klimu bez suhog razdoblja i s vrućim ljetom (Cfa). Podneblja Cfa i Cfb u Istri i na području Kvarnera razlikuju se od sredozemnog podneblja ponajprije po nešto većoj vlažnosti i nižim temperaturama, ali imaju još uvijek mnoge sredozemne značajke. Stoga se često područje Istre i Kvarnera ubraja u umjereno sredozemna, odnosno submediteranska podneblja. Najviše zone Učke prelaze u kategoriju vlažne snježno-šumske klime sa svježim ljetom. Izračunata granica prijelaza klime iz C u D za prostor gorske hrvatske iznosi 1160 metara nadmorske visine (Filipčić, 1998). Padalina u višim predjelima ima više nego u priobalju, a uglavnom su koncentrirane u hladnijem razdoblju godine te u kasnu jesen i proljeće, najčešće u obliku kiše, a zimi i snijega, dok se tuča pojavljuje tek nekoliko puta godišnje, većinom ljeti uz grmljavinska nevremena iz naoblake konvektivnog tipa (Zaninović i dr., 2008). Vršni greben Učke područje je koje godišnje prima više od 2000 mm oborine (Prostorni plan, 2006). Prosječno najkišovitiji mjesec je studeni, a najsušniji srpanj. Najvažniji vjetrovi u promatranom području su sjeveroistočni, odnosno bura koja češće puše zimi i jugoistočni vjetar, odnosno jugo koje je najčešće u proljeće i jesen. Ljeti se za stabilnog vremena javlja dnevna cirkulacija zraka u vidu zmorca i kopnenjaka uslijed nastalog termičkog gradijenta uvjetovanog različitom brzinom zagrijavanja kopna u odnosu na morsku površinu. Bura i jugo uvjetovani su razmještajem baričkih sustava u prostoru te imaju različite karakteristike. Bura je hladan, suh i mahovit vjetar, a najčešća je zimi uslijed sinoptičke situacije kada se nad Jadranom često nalazi ciklona, dok je anticiklona sjevernije ili sjeveroistočnije nad kontinentom. Jačina bure ovisi o razlici u tlaku zraka i lokalnim topografskim prilikama. Češće puše anticiklonalna bura, koja donosi vedro i hladno vrijeme.

Pri ciklonoalnoj buri može obilno kišiti ili sniježiti do morske obale. Jugo puše iz smjera jugoistoka, odnosno preko Jadranskog mora zbog čega se zračna masa obogati vlagom. Kada taj vlažan zrak naiđe na orografsku barijeru kao što je u ovom slučaju Učka, na privjetrinskoj strani zrak se uzdiže i hladi pri čemu dolazi do kondenzacije i pojave oborina. Iako bura ima najveću učestalost i dostiže najveću brzinu, najveće valove na području Kvarnera generiraju vjetrovi iz južnog kvadranta, poglavito jugo (Benac i dr, 2006). Za klimu promatranog područja važna je i vrijednost insolacije na koju utječe visina Učke zbog čega sunce zalazi značajno ranije. Zbog toga kontinentalna, zapadna padina Učke ima veću insolaciju od istočne, primorske padine Učke. Uslijed velike energije reljefa i velikih nagiba na dijelu područja, ponegdje su vrijednosti insolacije dodatno snižene. Nasuprot tome, naselja i obradive površine bili su povijesno smješteni na prisojnim padinama.

## 5. Podaci i metode rada

Za istraživanje ovog područja korišteni su podaci digitalnog modela reljefa (DEM), veličine ćelija 5x5, generirani iz visinskih podataka DGU u GIS laboratoriju Geografskog odsjeka PMF-a.

Od geoloških karata korištena je Osnovna geološka karta mjerila 1: 100 000 u izdanju saveznog geološkog zavoda Beograd. Geološka karta relevantna za ovo područje je Osnovna geološka karta lista Labin (Šikić i dr., 1963) s pripadajućim tumačem (Polšak i Šikić, 1973).

Topografske karte korištene prilikom analize ovoga područja mjerila su 1: 25 000, a izdao ih je Vojno-geografski institut u Beogradu između 1971. i 1986. godine. Korištene su u svrhu boljeg uvida u istraživani prostor te za provjeru točnosti digitalnog modela reljefa. Iz topografskih karata preuzeti su korišteni toponimi. Topografske karte također pomažu prilikom razmatranja općeg stanja u prostoru.

Analiza hidroloških značajki kojima se određuje prostor drenažnih bazena računalnom analizom iz digitalnog modela reljefa izvodi se pomoću *Spatial Analyst Tools* u ArcGIS programu.

Opća morfometrijska obilježja koja su razmatrana u ovom radu su hipsometrija, nagibi padina, vertikalna raščlanjenost reljefa, ekspozicija i zakrivljenost padina. Za izradu hipsometrijske karte formirani su odgovarajući visinski razredi. Za izračun statističkih parametara potrebno je izvršiti reklasifikaciju rastera. Nagib padina je kut koji padina zatvara s horizontalnom ravninom, a određuje se alatom *slope*. Vertikalna raščlanjenost reljefa predstavlja visinsku razliku najniže i najviše točke po jedinici površine, a određuje se alatom *focal statistics*. Ekspozicija padina je orijentacija padine s obzirom na strane svijeta te se

određuje alatom *aspect*. Zakrivljenost padina određuje se alatom *curvature*. U ArcGIS programu također se izrađuju i profili reljefa.

Specifična morfometrijska obilježja korištena u ovom radu obuhvaćaju obilježja drenažne mreže, analizu ponikava te analizu poprečnih i uzdužnih hipsometrijskih profila promatranog prostora. Kako bi se generirala drenažna mreža, prethodno je potrebno dobiti određene podatke iz digitalnog modela reljefa. Izrada započinje korištenjem funkcije *fill* u okviru Hidrology dijela Spatial Analyst Tools-a. Funkcija *fill* odstranjuje uzvišenja i popunjava udubljenja čime eliminira potencijalne greške u digitalnom modelu reljefa u kojemu sve točke nisu dobivene mjerenjima već je dio točaka dobiven interpolacijom. Zatim se primjenjuje funkcija *flow direction* koja prikazuje smjer kojim će voda dalje otjecati. Otjecanje je moguće u osam smjerova što je temeljeno na stranama svijeta. Zatim slijedi korištenje alata *flow accumulation* kojim se dobiva raster vrijednosti za svaku ćeliju promatranog prostora. Vrijednost određene ćelije predstavlja broj ćelija iz kojih voda pritječe u tu ćeliju. U sljedećem koraku određene su *pour points*, odnosno točke najvećeg otjecanja sa slijevnog područja. S obzirom da se u radu razmatraju dva kanjona s pripadajućim tokovima, izdvojene su dvije točke, one koje se nalaze na završnim pikselima ova dva toka. Nakon određivanja točaka najvećeg otjecanja, koristi se alat *watershed*. To je alat koji određuje porječje određenog toka s obzirom na točke najvećeg otjecanja i akumulacije vode. Time se u konačnici formiraju prostori drenažnih bazena istraživanog prostora. To su drenažni bazen bujičnog toka Mošćeničke drage te drenažni bazen bujičnog toka Medveje. Drenažna mreža potom je analizirana Strahlerovom metodom klasifikacije tokova funkcijom *Stream order*. Navedenu klasifikaciju su osmislili R. Horton (1945) i A.N. Strahler (1957; prema Marković, 1983). Ta se kategorizacija temelji na zakonitosti da spajanjem dva toka iste kategorije nastaje tok više kategorije. Najnižu, prvu kategoriju čine tokovi bez pritoka, dok glavni vodotok ima najvišu kategoriju.

Analiza uzdužnih reljefnih profila rađena je po talvegu korita tokova u kanjonima.

Analiza dubine ureza rađena je usporedbom uzdužnih visinskih profila po talvegu korita tokova u kanjonima u odnosu na visinski profil primorske padine Učke izvan kanjonskog prostora.

Za ova dva toka ne postoje podaci o vodostaju i protoku jer se takva mjerenja ne provode, što je uobičajeno za povremene tokove ovakvih karakteristika. Stoga je za potrebe hidrološke analize korištena metoda ponovljene fotografije. Ta metoda podrazumijeva ponavljanje fotografiranja nekog vizualnog fenomena ili fizičke lokacije sa ciljem utvrđivanja promjena na nekom području. Metoda se temelji na fotografijama snimljenim s istog mjesta u

različitim vremenskim intervalima. Razvijena je krajem 19. st. u svrhu istraživanja planinskih ledenjaka u Tirolu, a do danas se razvila u široko korištenu metodu na području geomorfoloških istraživanja (Faivre i Mićunović, 2017).

Podaci o geomorfološkim obilježjima podmorja dobiveni su prema najdetaljnijim online dostupnim batimetrijskim kartama iz sustava *Navionics*.

Za analizu klimatskih obilježja uslijed nedostatka podataka izravno za promatrani prostor, korišteni su podaci najbližih meteoroloških postaja sa dostupnim tridesetogodišnjim nizom podataka, dovoljnim za klimatološku analizu. Radi se o podacima za Rijeku, Pazin i Čepić.

## **6. Rezultati**

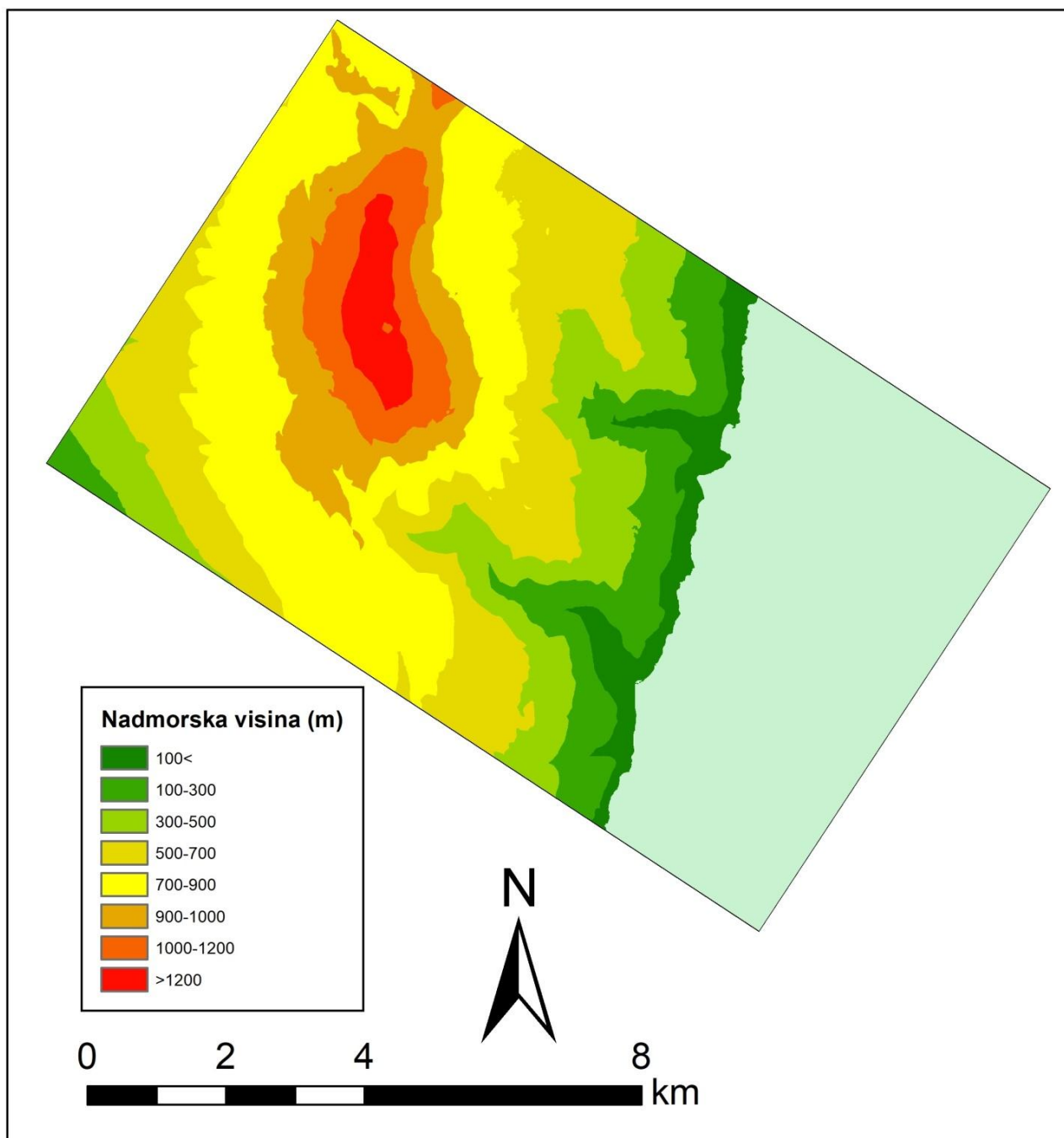
### **6.1 Opća morfometrijska obilježja**

#### **6.1.1. Hipsometrija**

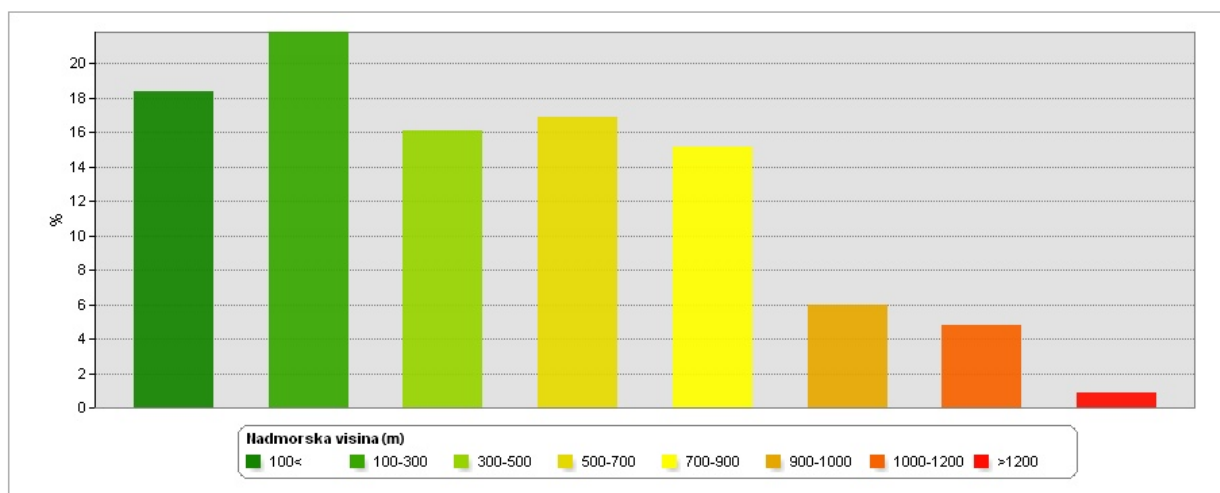
Geomorfologija se kao grana geoznanosti može podijeliti na opću i primijenjenu. Zadatak opće geomorfologije je utvrđivanje principa i zakonitosti, zanemarujući specifičnosti pojedinačnih slučajeva. Primijenjena geomorfologija temelji se na proučavanju specifičnosti ispitivanog slučaja. Time se utvrđivanjem odstupanja od općih principa i zakonitosti traži objašnjenje uzroka anomalije (Marković, 1983).

Hipsometrija je skup postupaka i metoda kojima se analiziraju visinska obilježja reljefa. Hipsometrijske značajke nekog prostora su važan pokazatelj reljefne strukture koja je vrlo važna kada je u pitanju korištenje prostora za razne namjene. Reljef se po visini može svrstati u sljedeće kategorije:

0 – 200m	nizinski reljef
200 – 500m	brežuljkasti reljef
500 – 1500m	sredogorja
>1500m	visokogorski reljef



Sl. 9 Hipsometrijska karta



Sl. 10 Udio visinskih razreda (u %) u ukupnoj površini

Istraživani prostor obilježava široki raspon nadmorskih visina (sl. 9). Visinski razredi do 900 m zastupljeni su u sličnim omjerima, odnosno u rasponu od 14-22% u ukupnoj površini promatranog područja. Najniži razred do 100 m nadmorske visine obuhvaća 18,39% površine promatranog područja, a odnosi se na relativno usku zonu priobalnog prostora primorske padine Učke (sl. 9). Ova se zona usjeca dublje u primorsku padinu Učke upravo na području kanjona Mošćenička draga i Medveja. Slijedi udjelom u površini najzastupljeniji visinski razred, onaj od 100 – 300 m nadmorske visine, sa udjelom od 21,82% u ukupnoj površini promatranog područja (sl. 10). Taj se visinski razred nastavlja na priobalnu zonu te zauzima također relativno uzak prostor zbog strmine terena na području primorske padine Učke. Također se usjeca dublje u primorsku padinu Učke na području kanjona Mošćenička draga i Medveja. Visinski razred 300 – 500 m nadmorske visine 16,12% promatranog područja i nastavlja se na prethodni visinski razred, a prodire najdublje u primorsku padinu Učke na području kanjona Mošćenička draga te nešto manje u gornjem dijelu kanjona Medveja iznad naselja Lovranska draga. Ovaj visinski razred ujedno predstavlja i zonu gdje završava najizrazitija usječenost ovih kanjona u primorsku padinu Učke. Dalje prema vršnoj zoni hrpta sjeverne Učke slijede visinski razredi 500 – 700 m nadmorske visine sa obuhvatom od 16,9%, 700 – 900 m 15,16%, 900 – 1000 m 5,98%, 1000 – 1200 m 4,48% i najviši visinski razred >1200 m 0,85% područja. Manje udjele posljednja dva visinska razreda treba promatrati u kontekstu relativno uske vršne zone sjevernog hrpta Učke vrlo strmih strana.

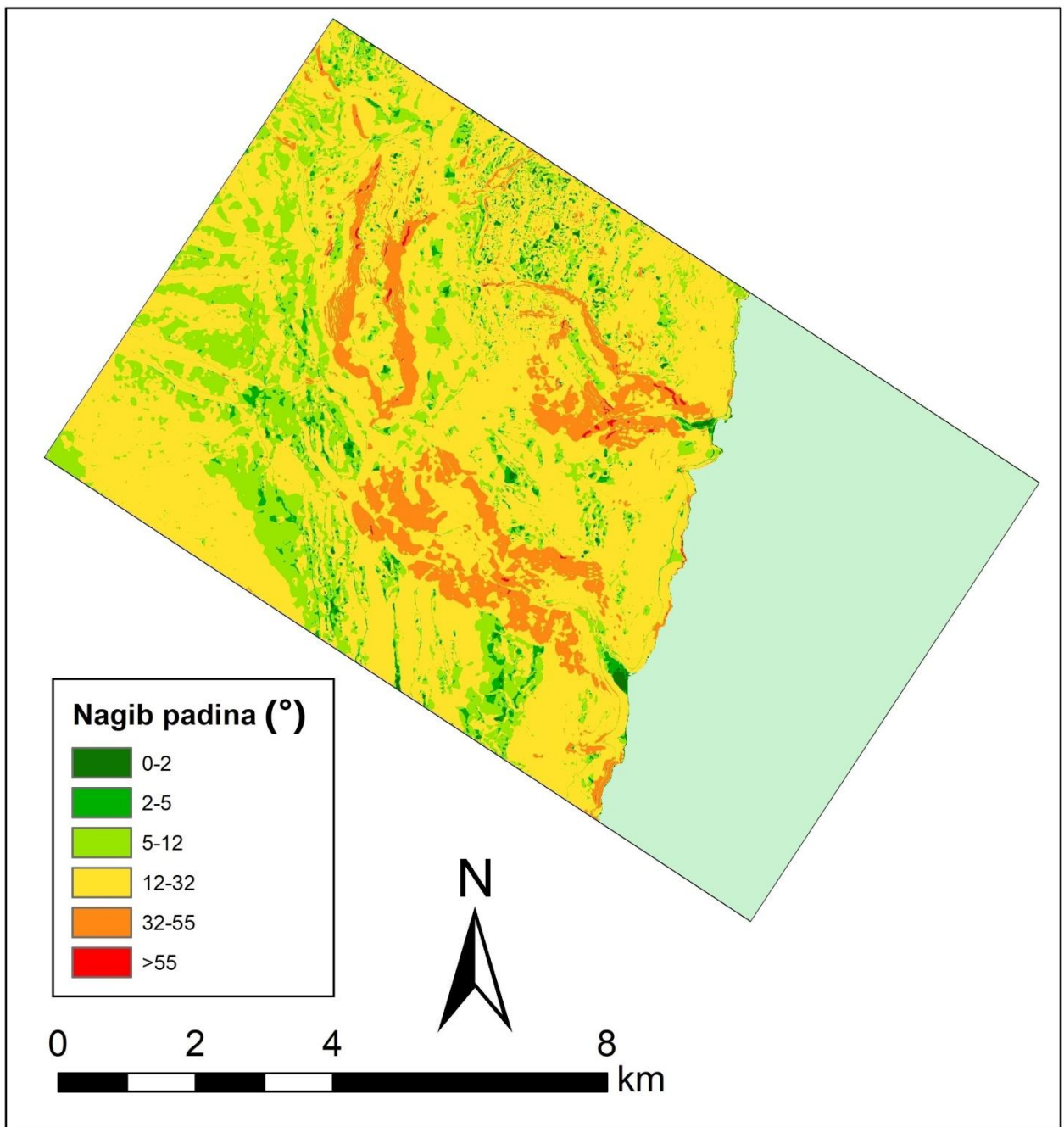
### 6.1.2. Nagibi padina

Kako su padine osnovni element reljefa, određivanje nagiba padina jedan je od osnovnih elemenata analize reljefa. Nagib padine je kut koji površina terena zatvara s horizontalnom ravninom (Lozić, 1996). Dobiveni podaci u lokalnim okvirima služe za utvrđivanje intenziteta erozije i akumulacije te su primjenjivi u gotovo svim znanostima koje se bave površinom Zemlje (Marković, 1983). Geomorfološka klasifikacija nagiba padina temelji se na dominantnim morfološkim procesima koji se aktiviraju ovisno o veličini nagiba kao i odgovarajućim reljefnim oblicima, a izražava se u stupnjevima (Lozić, 1996).

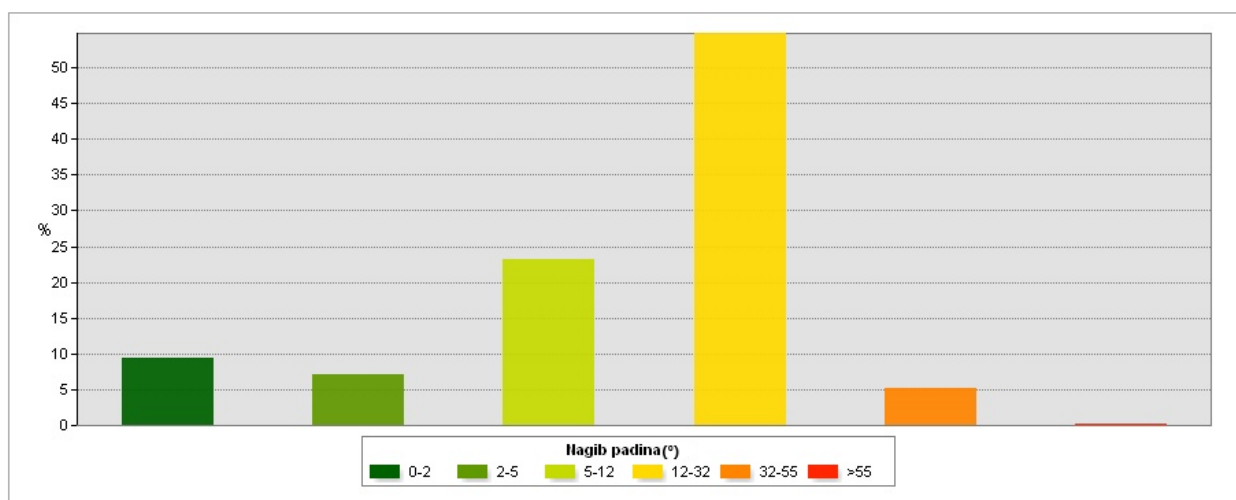
Univerzalna kategorizacija koja se primjenjuje za određivanje nagiba je sljedeća (određeno od IGU; Demek 1972 prema Lozić, 1996):

0° - 2°	Prostor bez nagiba, zaravnjen prostor, kretanje masa se ne opaža
2° – 5°	Slabo (blago) nagnut teren, blago spiranje
5° – 12°	Nagnut teren, pojačano spiranje i kretanje masa
12° – 32°	Značajan nagib, snažna erozija, spiranje i izrazito kretanje masa
32° – 55°	Strmi teren, destrukcija
>55°	Litice, strmci, eskarpmani; urušavanje





Sl. 11 Nagib padina promatranog područja



Sl. 12 Udio razreda nagiba padina (u %) u ukupnoj površini

Na promatranom području zastupljeni su svi razredi nagiba padina koji su utvrđeni univerzalnom kategorizacijom prema IGU (Demek 1972 prema Lozić, 1996). Zaravnjeni prostor ( $0^{\circ}$ - $2^{\circ}$ ) nalazi se većim dijelom na području donjih tokova bujica (sl. 14), odnosno njihovih naplavina na području Mošćeničke drage i Medveje te fragmentirano na brojnim drugim, površinom manjim lokalitetima diljem promatranog područja (sl. 11). Ovaj razred nagiba padina obuhvaća 9,41% površine promatranog područja. Slabo nagnut teren ( $2^{\circ}$ - $5^{\circ}$ ) zastupljen je sa 7,15% i većinom se nadovezuje na zaravnjene prostore. Nagnut teren ( $5^{\circ}$ - $12^{\circ}$ ) ima udio od 23,29%, dok tereni značajnog nagiba ( $12^{\circ}$ - $32^{\circ}$ ) predstavljaju najzastupljeniju kategoriju razreda nagiba sa udjelom od 54,82% (sl. 12). Nagibi ovog razreda zastupljeni su relativno ravnomjerno duž čitavog prostora primorske padine Učke. Takve terene obilježava snažna erozija, spiranje i izrazito kretanje masa. Strmi tereni ( $32^{\circ}$ - $55^{\circ}$ ) nalaze se na 5,19% promatranog područja i odnose se uglavnom na kanjonske strane te vršni hrbat sjeverne Učke. Isto vrijedi i za područja litica, odnosno strmaca ili eskarpmana koji se javljaju na 0,14% područja. Te zone karakterizira urušavanje i odlamanje stijena, dok se u podnožju od tog materijala formiraju sipari (sl. 13).





Sl. 13 Litić ili eskarpmani iznad kanjona Medveja



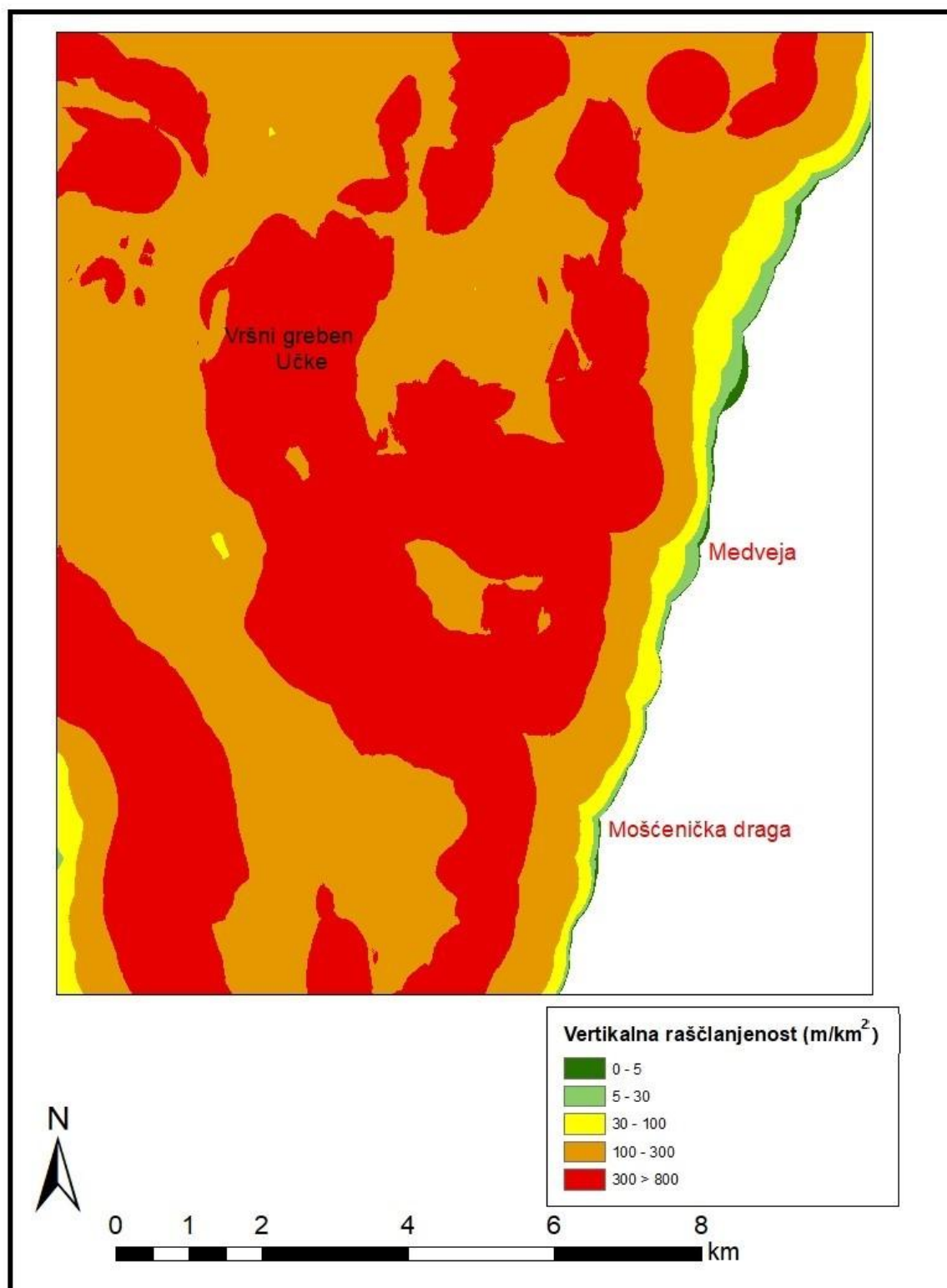
Sl. 14 Zaravnjeno područje donjeg toka bujice (naplavina) u Medveji sa infrastrukturom autokampa

### 6.1.3. Vertikalna raščlanjenost

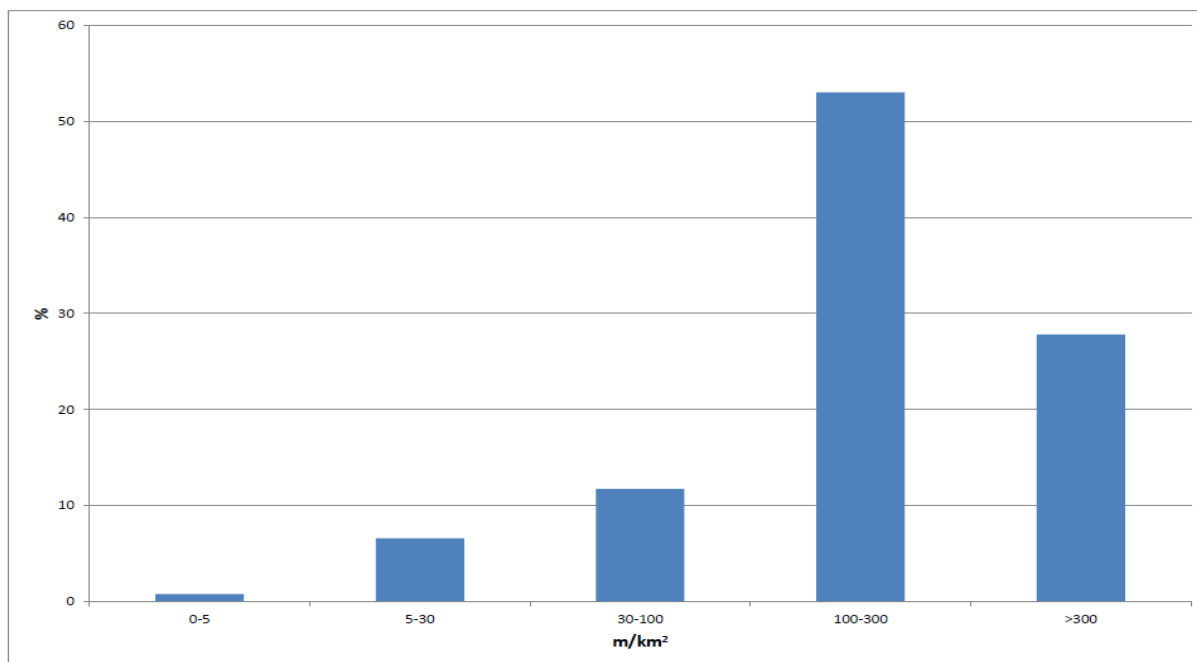
Vertikalna raščlanjenost reljefa morfometrijski je parametar koji predstavlja visinsku razliku između najviše i najniže točke unutar promatrane površine pri čemu se koristi kvadratna mreža kojom je reljef podijeljen na približno jednake dijelove (Lozić, 1995). Mjerna jedinica je  $\text{m/km}^2$ . Isti pokazatelj u literaturi naziva se još i energija reljefa. Lokalno promatrano, vertikalna raščlanjenost reljefa uvjetovana je specifičnostima terena. Ona predstavlja parametar intenziteta egzogenih procesa. Tako se ovim pokazateljem mogu utvrditi područja najveće energije reljefa, odnosno područja najintenzivnije erozije i područja minimalne energije reljefa, odnosno područja pojačane akumulacije (Marković, 1983).

Standardne kategorije raščlanjenosti reljefa Republike Hrvatske (Gams i dr. 1981, prema Lozić, 1995) jesu:

0 – 5 $\text{m/km}^2$	Zaravnen reljef - nizine
5 – 30 $\text{m/km}^2$	Slabo raščlanjene ravnice
30 – 100 $\text{m/km}^2$	Slabo raščlanjen reljef
100 – 300 $\text{m/km}^2$	Umjereno raščlanjen reljef
300 – 800 $\text{m/km}^2$	Izrazito raščlanjen reljef
> 800 $\text{m/km}^2$	Izuzetno izrazito raščlanjen reljef



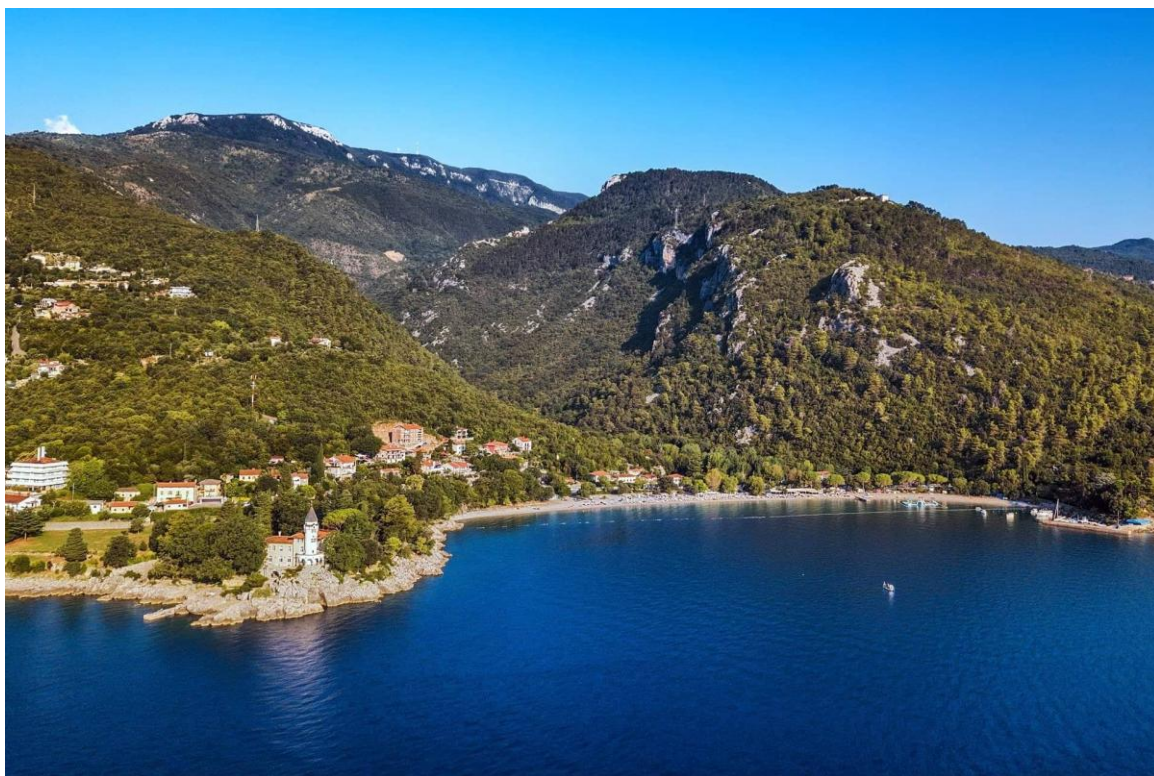
Sl. 15 Vertikalna raščlanjenost reljefa



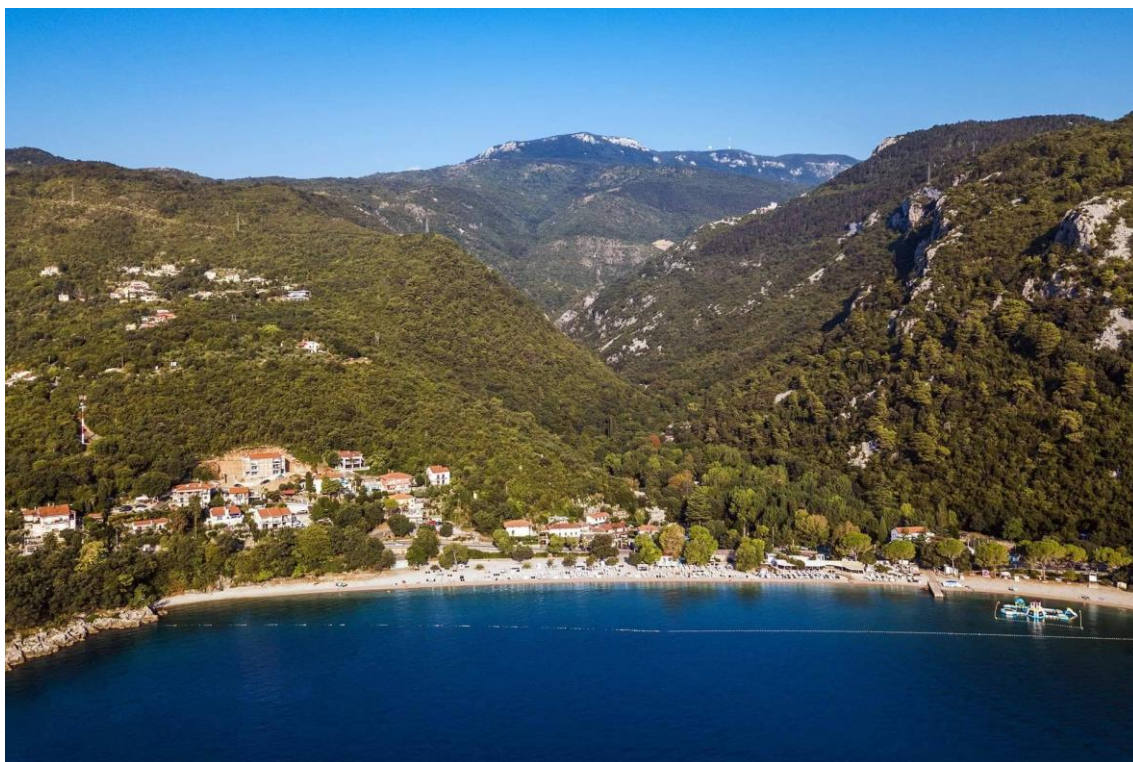
Sl. 16 Udio razreda vertikalne raščlanjenosti (u %) u ukupnoj površini promatranog prostora

Promatrano područje reljefno je vrlo raščlanjeno, pa njegov najveći dio pripada kategoriji umjereno raščlanjenog reljefa (100 – 300 m/km<sup>2</sup>) i izrazito raščlanjenog reljefa (300 – 800 m/km<sup>2</sup>) (sl. 15). Reljef promatranih kanjona i vršnog hrpta Učke izrazito je raščlanjen. Izrazito raščlanjen reljef obuhvaća 27.8% površine promatranog prostora (sl. 16). Najveći dio površine promatranog prostora pripada razredu umjereno raščlanjenog reljefa, odnosno 53% površine promatranog prostora, dok su zaravnjen reljef, slabo raščlanjene nizine i slabo raščlanjen reljef manje zastupljeni. Takvo stanje jasno je uočljivo i na fotografijama kanjonskog prostora (sl. 17 i 18).





Sl. 17 Bočni pogled iz zraka na plažu i kanjon Medveja (Foto: Aleksandar Gospić)



Sl. 18 Pogled iz zraka na plažu i kanjon Medveja (Foto: Aleksandar Gospić)

#### 6.1.4. Ekspozicija padina

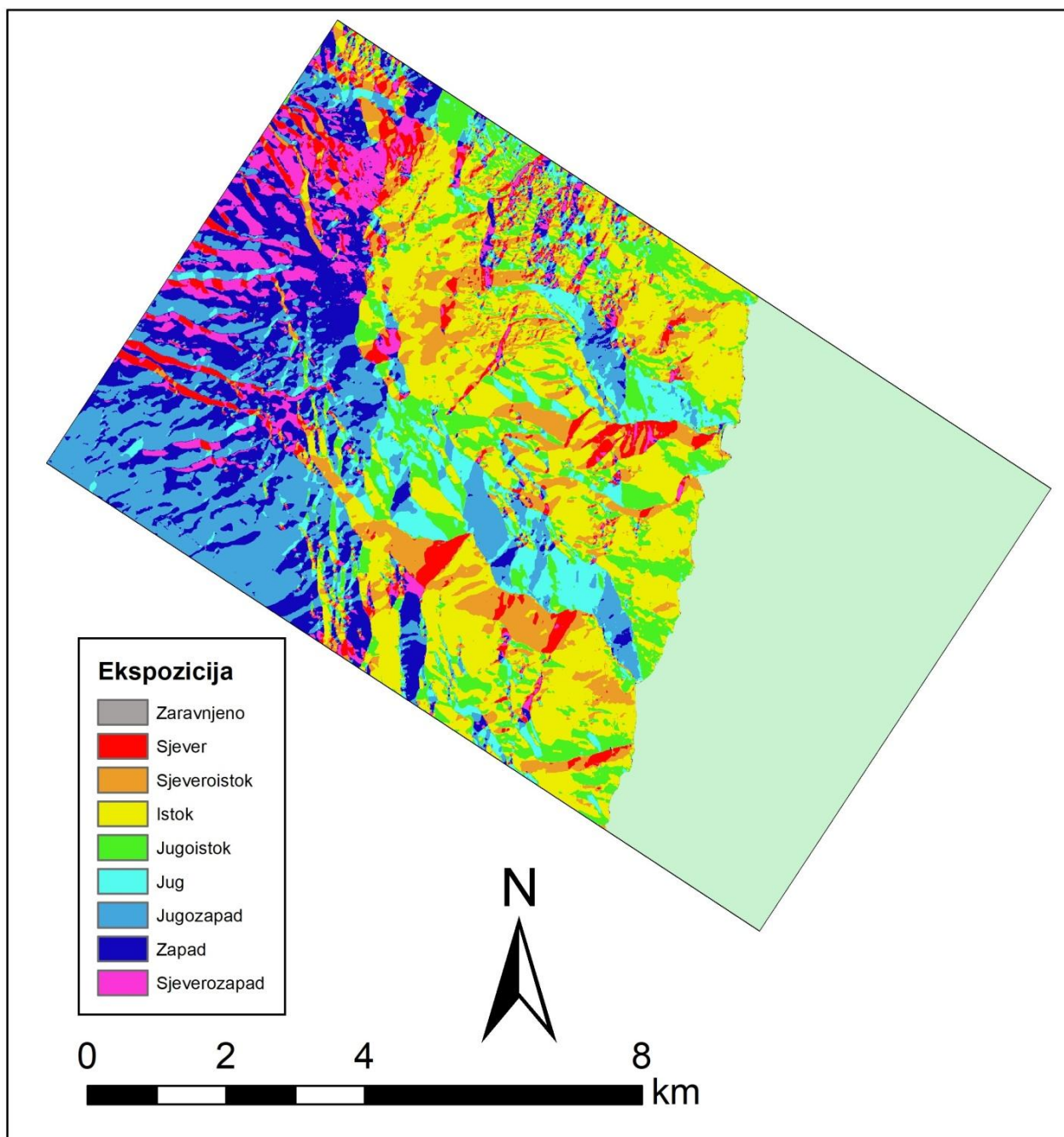
Ekspozicija padine predstavlja orijentaciju padina s obzirom na strane svijeta. Kut orijentacije određuje se od smjera sjevera u smjeru kazaljke na satu (Radoš i dr., 2012). Ekspozicija padine značajno utječe na geomorfološke procese koji se na padinama odvijaju, prije svega zbog različite količine kratkovalnog sunčeva zračenja koje primaju različito eksponirane padine što utječe na karakteristike klimatskih elemenata kao egzogeno-geomorfološkog agensa (Radoš i dr., 2012). O ekspoziciji padine ovisi i izloženost padine pojedinim vjetrovima. Posljedično, na padinama različitih ekspozicija razvijati će se različit vegetacijski pokrov, što također utječe na geomorfološke procese. Na padinama eksponiranim južnom kvadrantu (JZ, J i JI) povećano kratkovalno zračenje utječe na povećanje evapotranspiracije, što u sušnijem dijelu godine rezultira bržim gubitkom vlage iz tla. To za posljedicu ima smanjenje broja i obuhvata biljnih vrsta, odnosno rjeđu vegetaciju. Takvo stanje pogoduje bržem isušivanju tla i većem površinskom otjecanju što u konačnici utječe na intenziviranje procesa denudacije (Radoš i dr., 2012). Maksimalne razlike utjecaja ekspozicije na spomenute pojave uočavaju se u zonama nasuprotnih ekspozicija smjerom meridijanskog pružanja. Tako razlikujemo osojne i prisojne padine (Pahernik, 2007). Padine različitih ekspozicija ljudi koriste na različite načine. Primjerice, u brežuljkastim, brdovitim, gorskim i planinskim krajevima poznata je povoljnost prisojnih padina, odnosno padina toplih ekspozicija kod smještaja naselja te za kultivaciju pojedinih poljoprivrednih kultura što je korišteno od davnina.

Opća pogodnost ekspozicije dijeli se na:

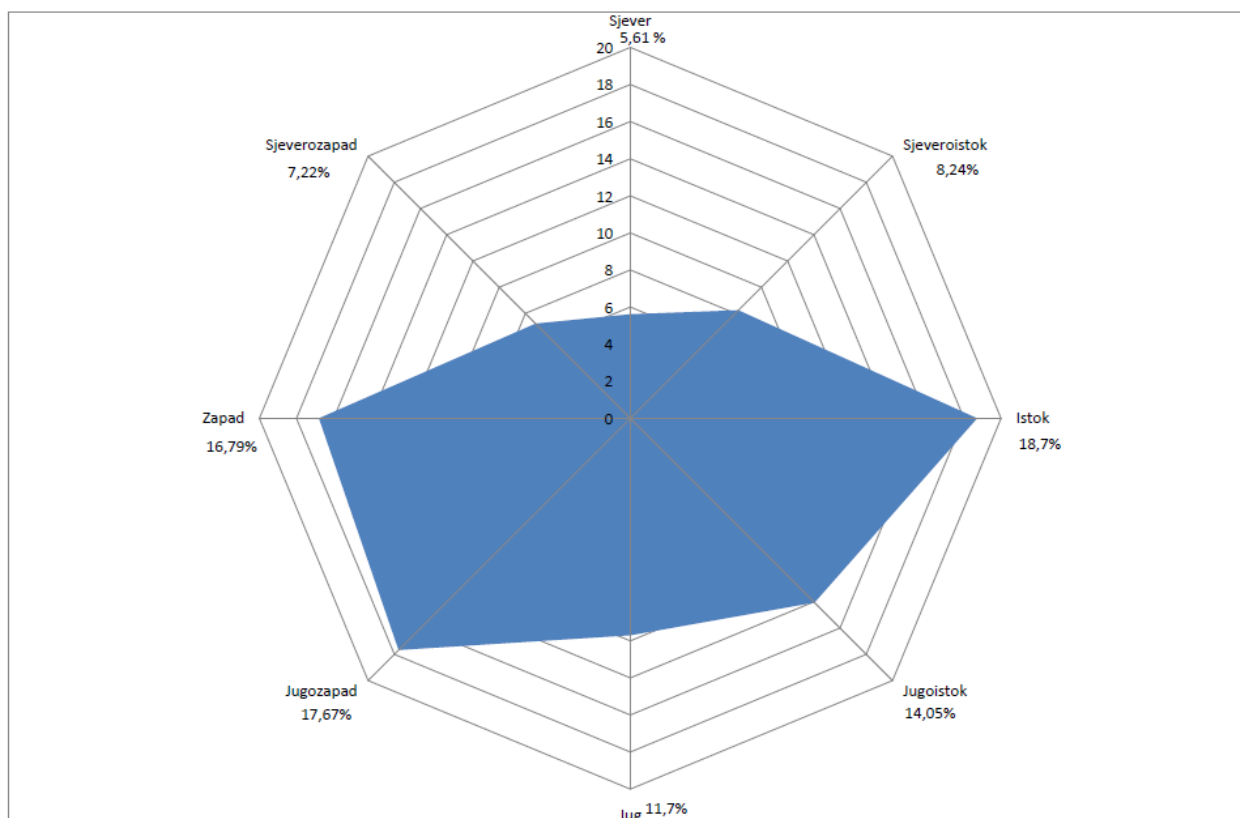
Sjever	Hladna ekspozicija
Sjeveroistok, sjeverozapad	Umjereno hladna ekspozicija
Istok, zapad	Neutralna ekspozicija
Jugoistok, jugozapad	Topla ekspozicija
Jug	Vrlo topla ekspozicija
Zaravnjena područja	

(Prema Radoš i dr, 2012.)



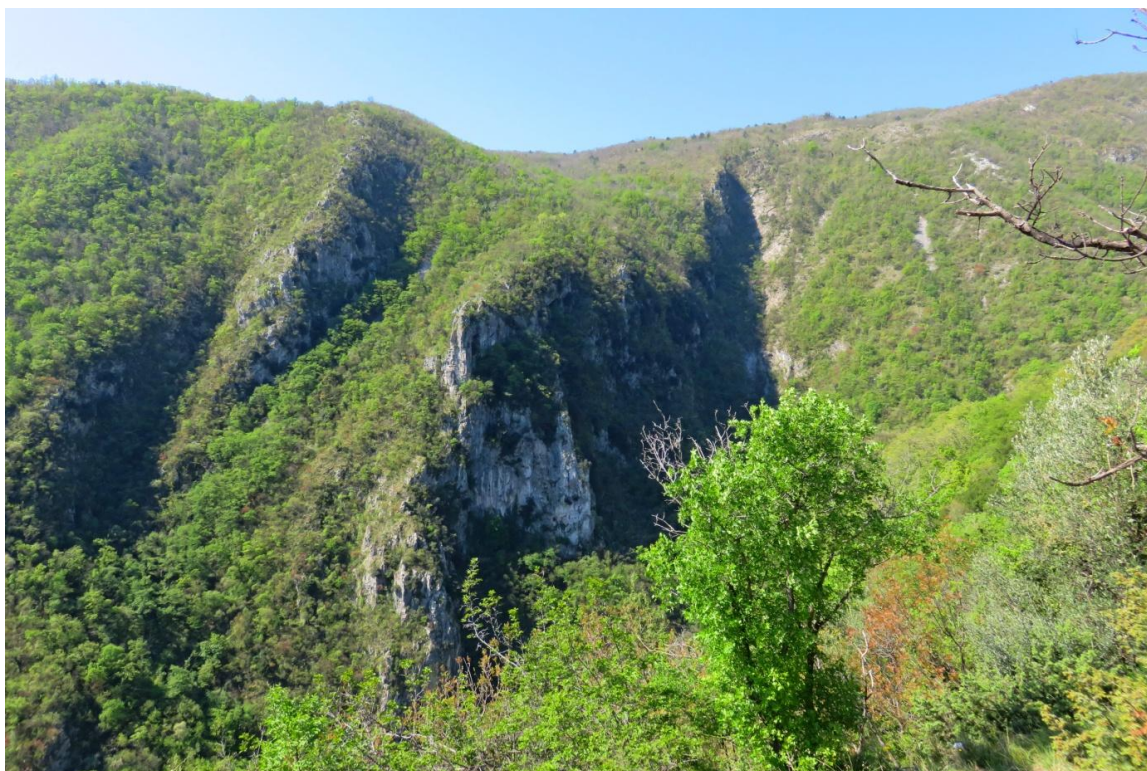


Sl. 19 Ekspozicija padina



Sl. 20 Udjeli razreda ekspozicije padina (u %) u ukupnoj površini

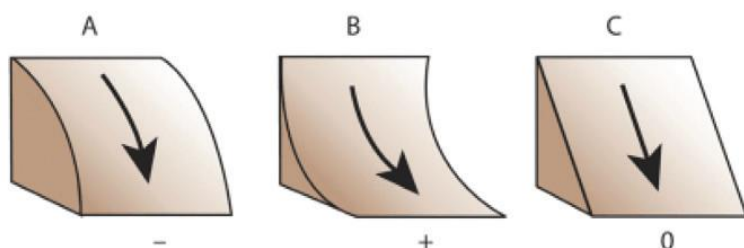
Na promatranom području neznatna je površina zaravnjenih područja, a odnose se na donji tok, odnosno zonu naplavina bujica Mošćeničke drage i Medveje te na područja dna ponikava. Najzastupljenija je istočna ekspozicija (18,7%) koja dominira na primorskoj padini Učke, što je očekivano u skladu sa pravcem pružanja grebena Učke S-J (sl. 19). Osim nje, značajno su na području primorske padine Učke zastupljene jugoistočne i sjeveroistočne ekspozicije. Po zastupljenosti na cjelokupnom promatranom prostoru slijede jugozapadna (17,76%) i zapadna (16,79%) ekspozicija koje su najzastupljenije na području kontinentske padine Učke (sl. 20). Značajnije prostiranje južne, jugozapadne i zapadne ekspozicije na području primorske padine Učke vezano je za kanjonske strane. Nasuprotne strane kanjona najčešće su sjeverne i sjeveroistočne ekspozicije, odnosno osojne padine ili padine hladnih ekspozicija (sl. 21). Sjeverna ekspozicija zastupljena je sa 5,61%, sjeverozapadna sa 7,22% te sjeveroistočna sa 8,24% (sl. 20).



Sl. 21 Strme padine sjeverne ekspozicije kanjona Medveja

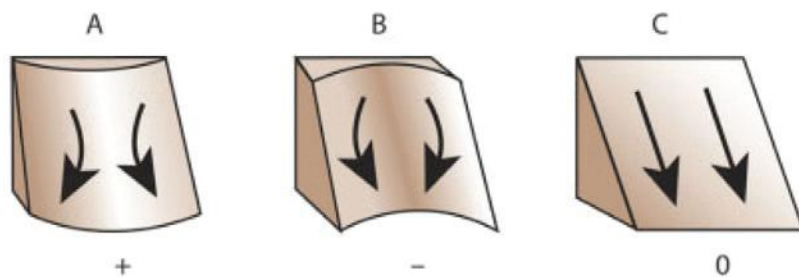
#### 6.1.5. Zakrivljenost padina

Pojam zakrivljenosti padine odnosi se na njezin geometrijski oblik. Oblik padine rezultat je denudacijskih i akumulacijskih procesa, uzrokovanih endogenim i egzogenim geomorfološkim agensima. Analize zakrivljenosti upućuju na procese koji djeluju na promjene u izgledu padina (Radoš i dr., 2012.). Konveksne padine ukazuju na mlađe izdizanje, te je na temelju toga moguće govoriti u genetskom smislu o primarnim padinama, dok se konkavne padine mogu okarakterizirati kao "stare", odnosno akumulacijske padine (Pahernik, 2007). Profilna zakrivljenost odnosi se na zakrivljenost padina (ili njihovih dijelova) duž linija okomitih na izohipse, a njome se određuje stopa promjene nagiba za svaki piksel (sl. 22). Negativna vrijednost upućuje na konveksni uzdužni profil padine, a pozitivna na konkavni, dok vrijednost nula označava linearnu (pravocrtanu) padinu (Radoš i dr., 2012).



Sl. 22 Profilna zakrivljenost padina (URL 2)

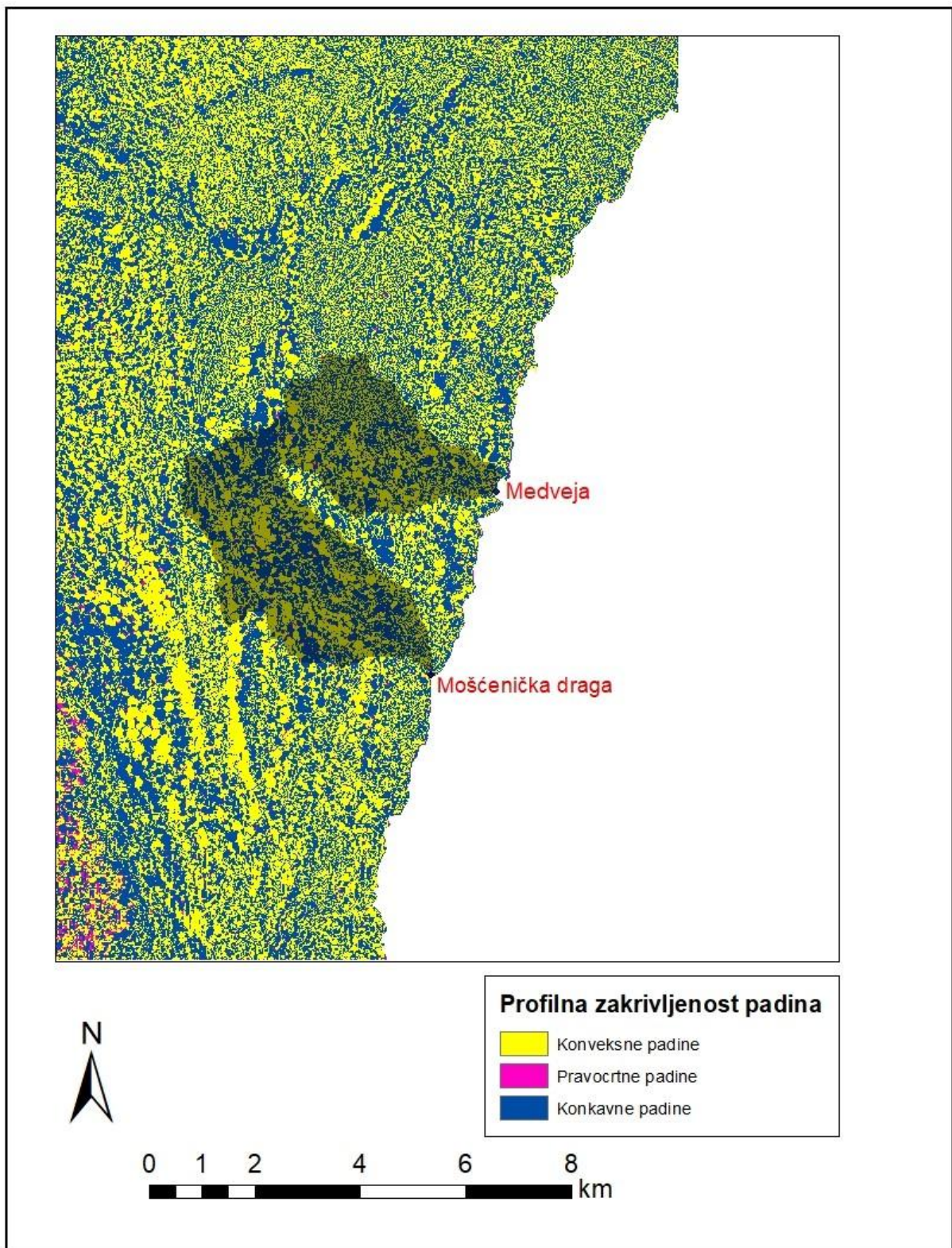
Planarna zakrivljenost odnosi se na zakrivljenost padine u sekanti izohipse okomitoj na smjer najvećeg nagiba (sl. 23). Pozitivna vrijednost ukazuje na konveksni oblik padine, a negativna na konkavni, dok nulta vrijednost označava linearnu (pravocrtanu) padinu (Radoš i dr., 2012).



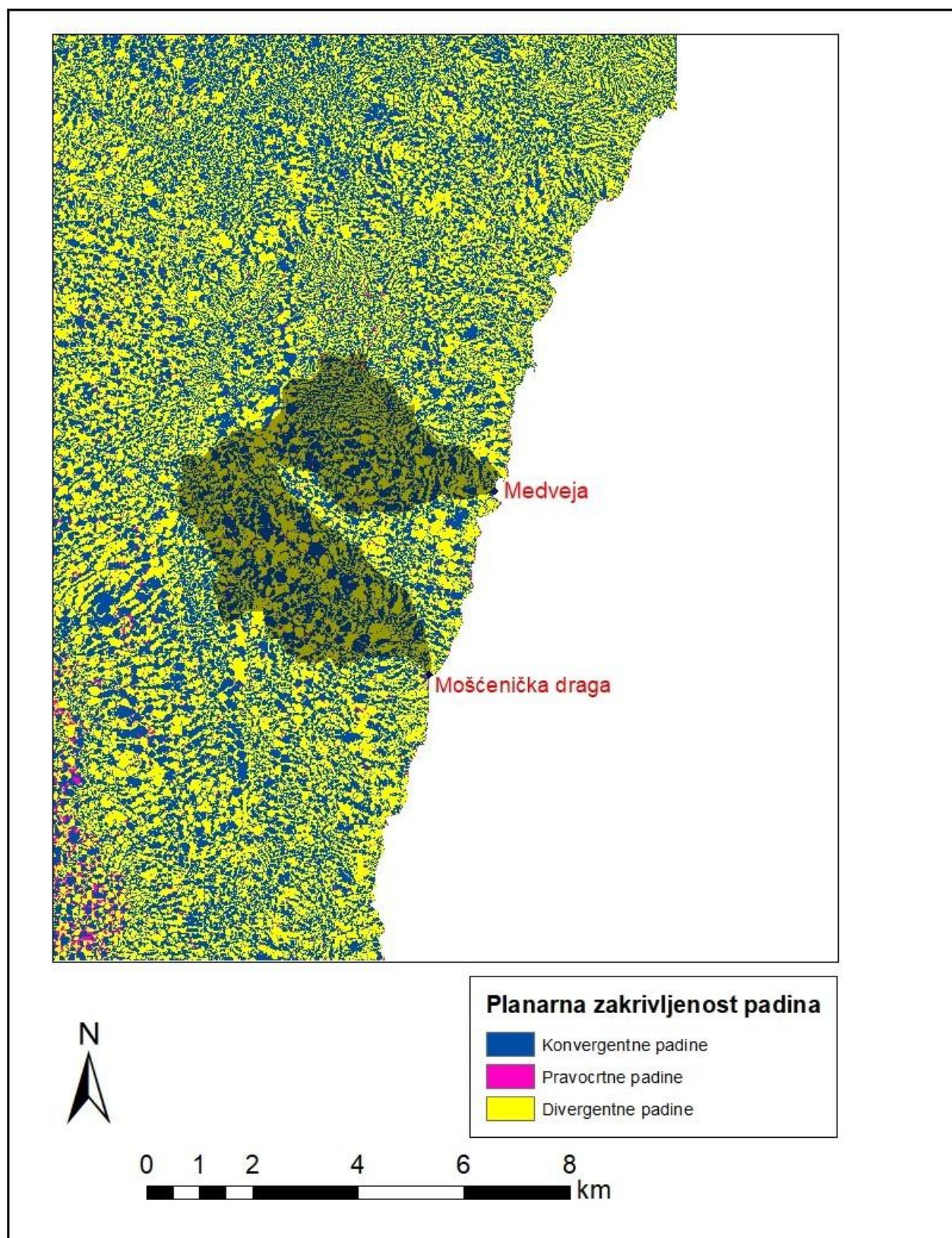
Sl. 23 Planarna zakrivljenost padina (URL 3)

Modelom zakrivljenosti padina mogu se procjenjivati divergencija odnosno konvergencija hipotetskog otjecanja. Konvergentno otjecanje povezano je s procesima akumulacije vode, tla ili detritusa, a divergentno otjecanje uz derazijske procese spiranja, puzanja, jaruženja i bujičenja (Radoš i dr., 2012).



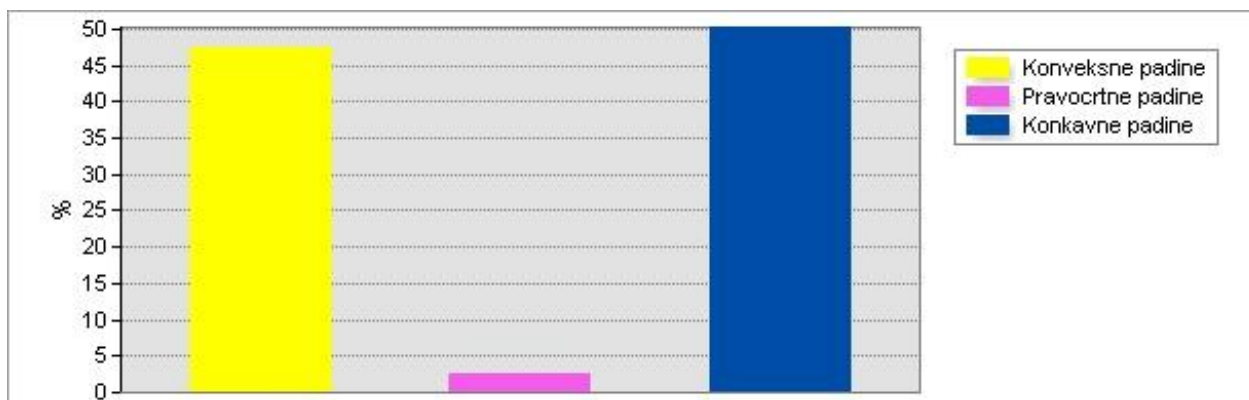


Sl. 24 Karta profilne zakrivljenosti padina

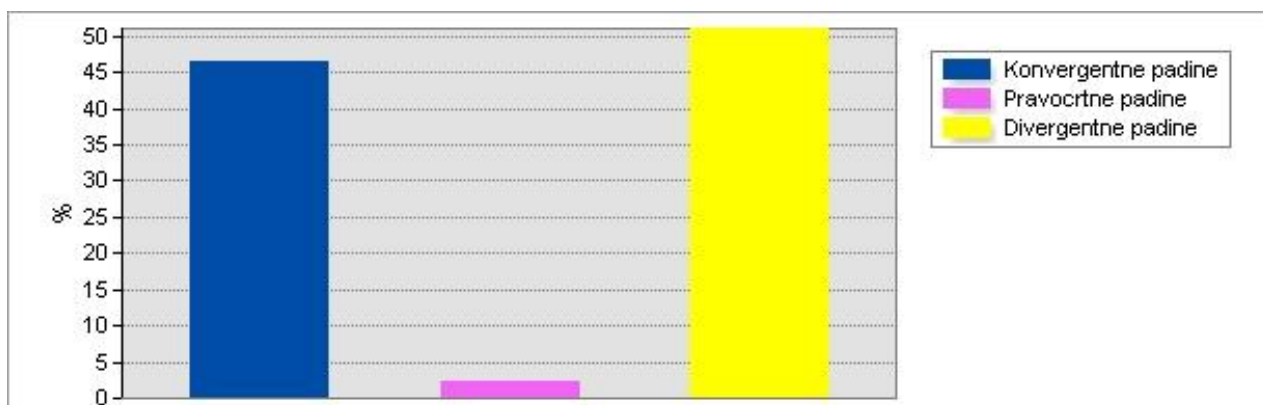


Sl. 25 Karta planarne zakrivljenosti padina





Sl. 26 Udio padina prema profilnoj zakrivljenosti



Sl. 27 Udio padina prema planarnoj zakrivljenosti

Podaci strukturi profilne zakrivljenosti (sl. 26) upućuju na dominaciju konveksnih i konkavnih padina na razini cijelog područja, bez velike razlike u udjelu. Konkavne padine su nešto dominantnije sa 50,24% udjela, dok je udio konkavnih padina 47,33% u ukupnoj površini. Pravocrtne padine zastupljene su s malim udjelom od 2,41%.

Iz prostornog prikaza tipova profilne zakrivljenosti (sl. 24) moguće je uočiti dominaciju konveksnih padina na grebenima iznad kanjona, dok unutar kanjonskog prostora dominiraju konkavne padine. Kako statistički pokazatelji upućuju, na ostatku prostora se relativno ravnomjerno izmjenjuju konveksne i konkavne padine, s dominacijom jednih ili drugih u pojedinim zonama. Pravocrtne padine prisutne su tek sporadično.

Iz podataka o strukturi planarne zakrivljenosti (sl. 27) uočljiva je dominacija divergentnih i konvergentnih padina u odnosu na pravocrtne. Divergentnih ima 51,09%, konvergentnih 46,6%, dok pravocrtnih ima 2,3%. To znači da je na razini cijelog područja prisutna dominacija divergentnog otjecanja u odnosu na konvergentno otjecanje površinske vode. Stoga se može zaključiti da denudacijski procesi dominiraju u odnosu na akumulacijske. Na najvećem dijelu promatranog područja zone divergentnih i konvergentnih

padina izmjenjuju se nepravilno na malim udaljenostima u približno jednakom omjeru, pa nema jasnog prostornog uzorka (sl. 25), odnosno većih područja na kojima dominira jedan ili drugi tip planarne zakrivljenosti padina.

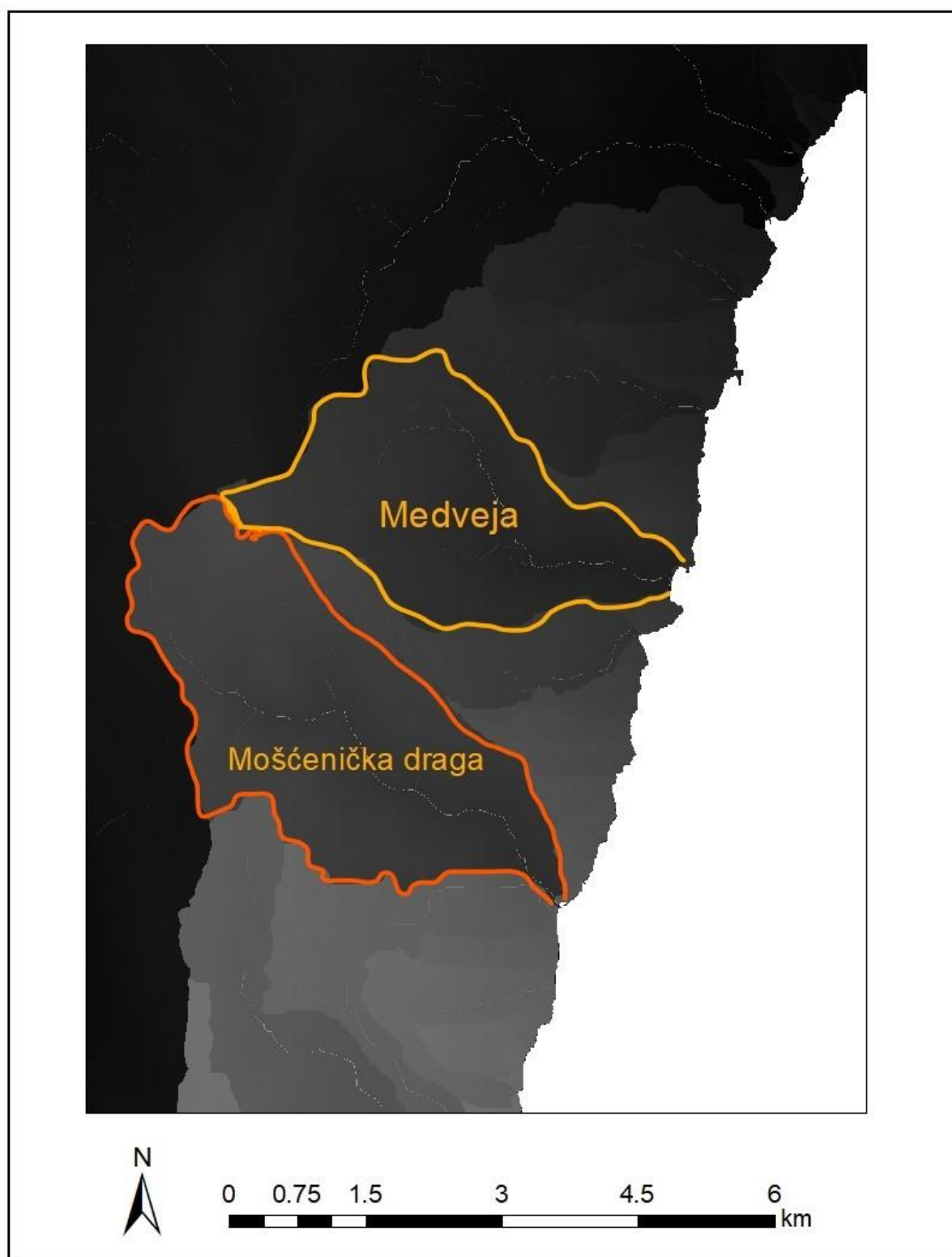
## **6.2. Morfogenetska analiza**

Na morfogenezu ovog područja najviše utjecaja su imali fluviodenudacijski, krški i glacijalni procesi. Fluviodenudacijska morfologija istražena je analizom drenažne mreže, dubina ureza te uzdužnih profila tokova. Utjecaj krških procesa istražen je kroz prostornu analizu pojave ponikava, a utjecaj paleoglacijalnih procesa istražen je prvenstveno terenskim radom.

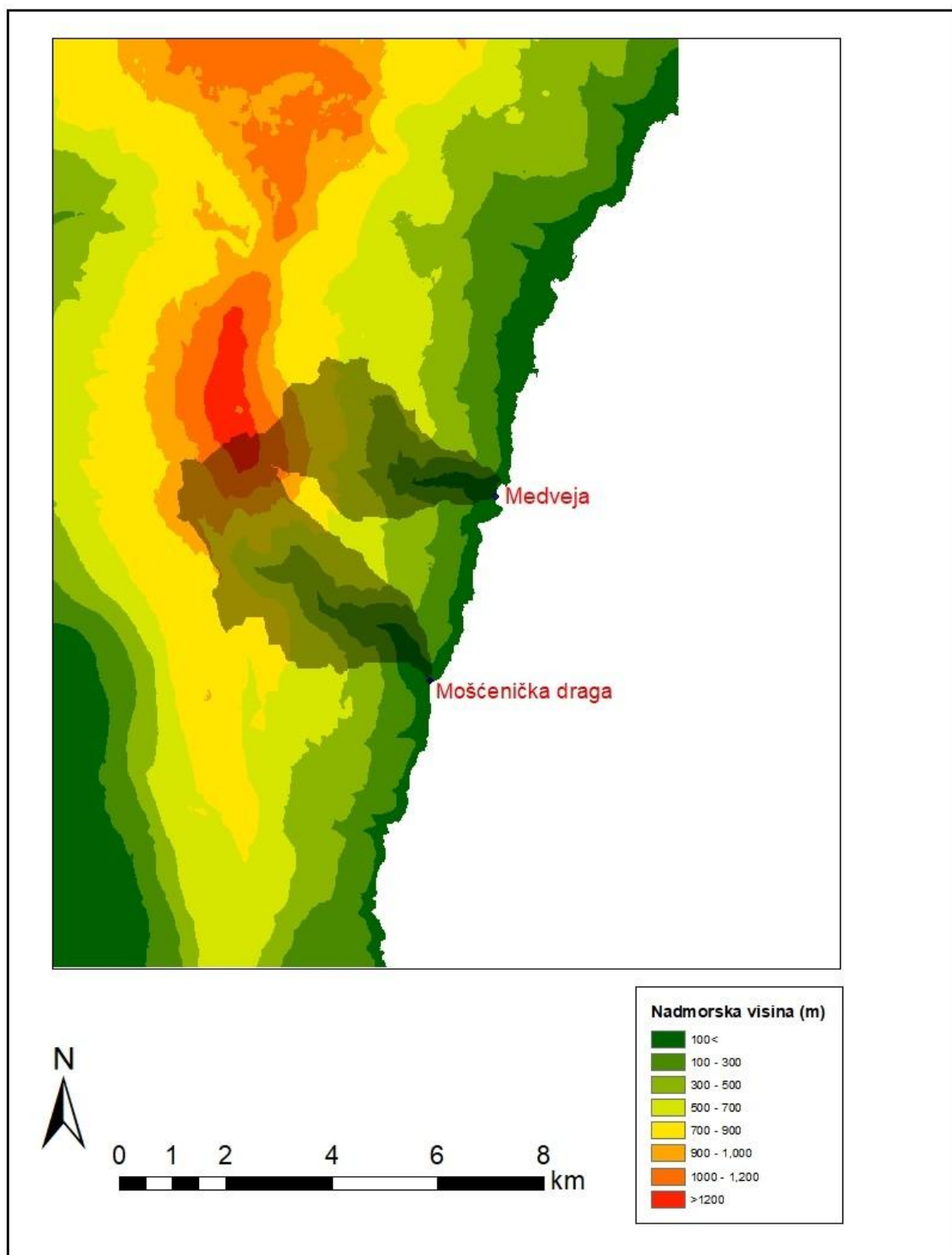
### **6.2.1. Drenažna mreža**

Drenažnu mrežu nekog područja čini skup kanala kojima stalno ili povremeno protječe voda. Obuhvaća fluvijalne i proluvijalne procese s obzirom da se najčešće bujične vode koje formiraju jaruge ulijevaju u stalne vodotoke ili povremene vodotke višeg reda (Marković, 1983). Drenažni sustav čini veći broj tokova koji međusobno nisu jednaki po značaju. Iz toga proizlazi potreba kategorizacije tokova. Osnovne ideje i prvu shemu kategorizacije dao je R. Horton (1945), dok je postupak modificirao i pojednostavnio A.N. Strahler (1957: prema Marković, 1983). Ta se kategorizacija temelji na zakonitosti da spajanjem dva toka iste kategorije nastaje tok više kategorije. Najnižu, prvu kategoriju čine tokovi bez pritoka, dok glavni vodotok ima najvišu kategoriju.

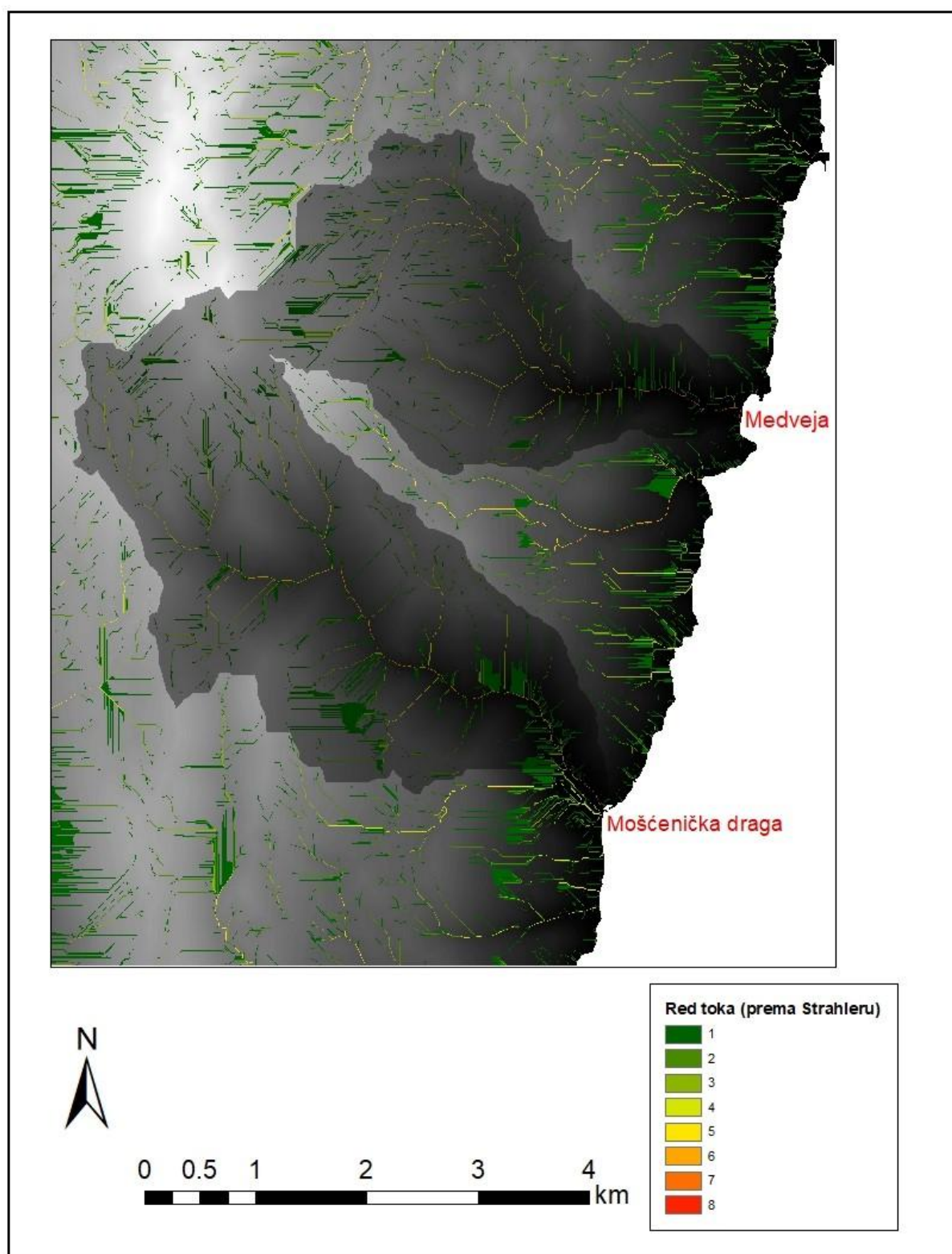




Sl. 28 Drenažni bazeni promatranih kanjona



Sl. 29 Drenažni bazeni promatranih kanjona na hipsometrijskoj podlozi



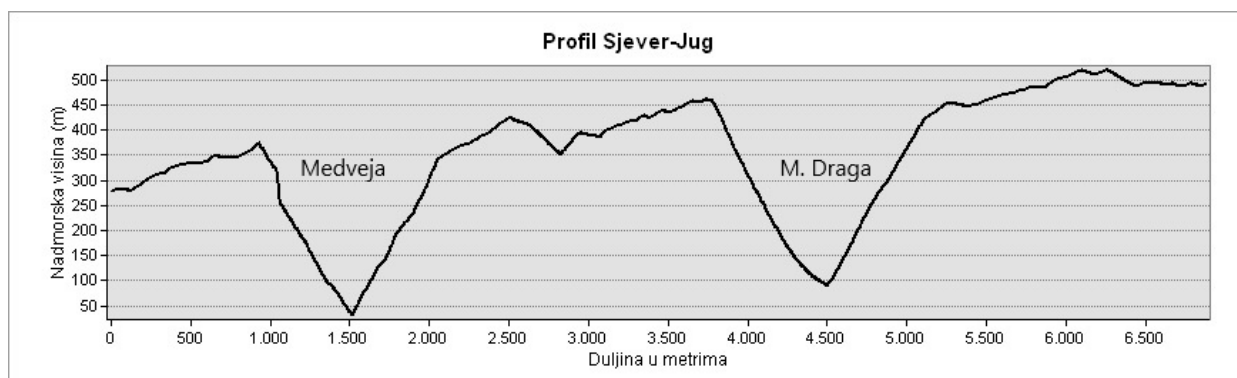
Sl. 30 Drenažni bazeni i tekućice prema Strahlerovoj klasifikaciji

Svaki bazen obilježava njegova drenažna mreža koju čine glavni tok i sve njegove pritoke (sl. 30). Drenažna mreža može biti geometrijski raznolika, s obzirom na prostorni raspored tokova, njihovu orijentaciju i duljinu. Ta raznolikost ovisi o veličini i nagibu bazena, tektonskim pokretima te o geološkoj strukturi.

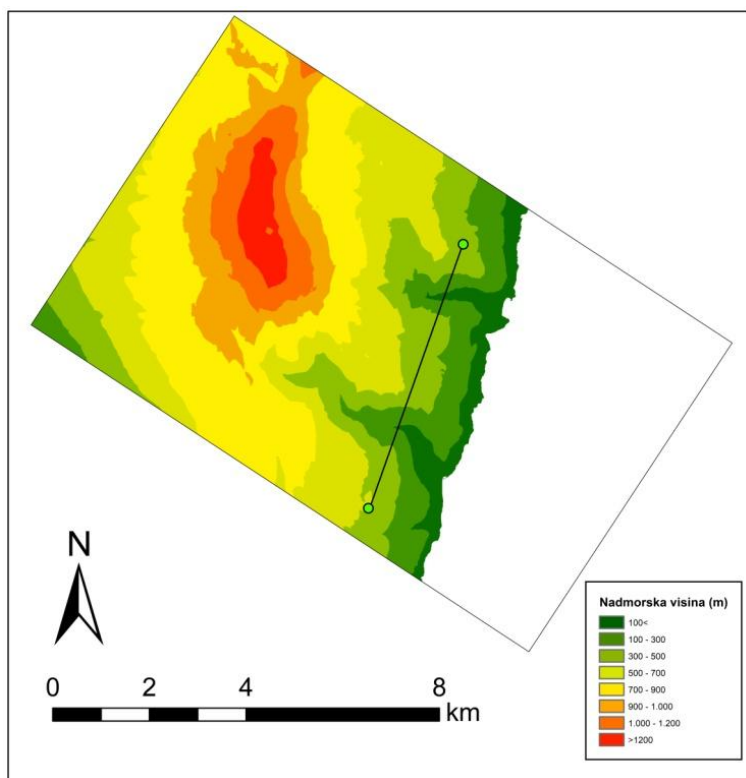
Metodom Straherove klasifikacije reda tokova utvrđeno je 8 redova tokova (sl. 30). Najviši, 8. red predstavljaju glavni tokovi promatranih kanjona, u koje se ulijeva najveći broj tokova nižeg reda. Površina drenažnog bazena kanjona Mošćenička draga iznosi 11,32 km<sup>2</sup>, a drenažnog bazena kanjona Medveja 7,28 km<sup>2</sup> (sl. 28). Visinski raspon drenažnog bazena kanjona Mošćenička draga je 0-1300 m nadmorske visine, a kanjona Medveja 0-1200 m nadmorske visine (sl. 29). Najduži tok kanjona Mošćenička draga dug je 6,1 km, dok je najduži tok kanjona Medveja dug 4,1 km. Prema Apolovoj (1963) kategorizaciji osnovnih oblika i vrsta bujičnih slijevova (sl. 2) u slučaju oba promatrana kanjona i pripadajućih tokova glavno grananje korita je u gornjem toku.

### 6.2.2. Analiza reljefnih profila i dubine ureza

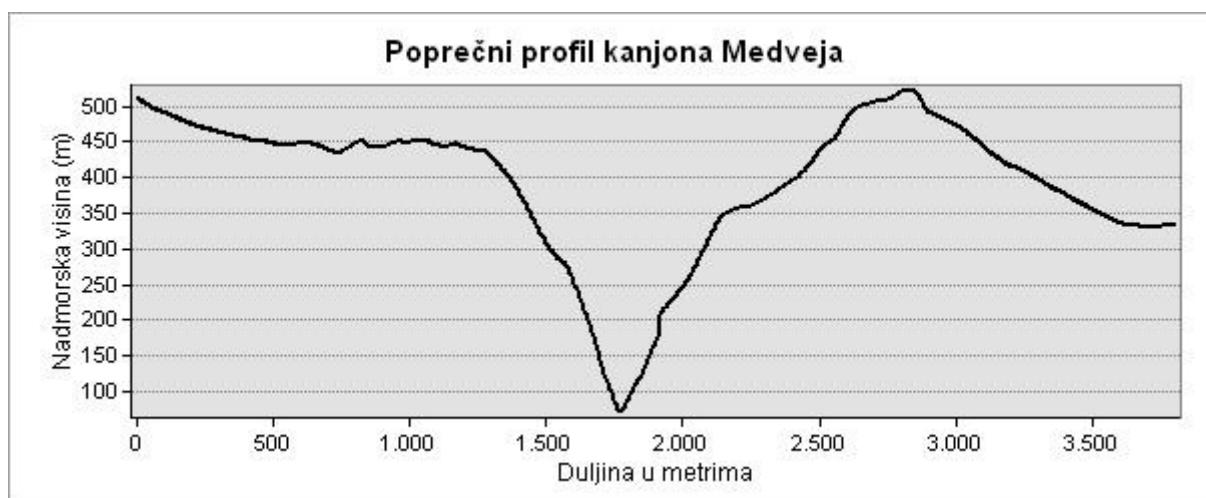
Poprečni profili reljefa promatranih kanjona (sl. 32) otkrivaju duboku usječenost kanjona Medveja i Mošćenička draga u prostor primorske padine Učke. Pri tome je kanjon Medveja na promatranom profilu nešto oštrije usječen od kanjona Mošćenička draga, odnosno užiji je od kanjona Mošćenička Draga (sl. 31). To podrazumijeva i veće vrijednosti nagiba kanjonskih strana u slučaju kanjona Medveja (sl. 33). Također je vidljivo da su kanjoni na promatranom profilu približno simetričnog oblika (sl. 31), a manja asimetrija vidljiva je na poprečnom profilu kanjona Mošćenička draga (sl. 34). Osim toga, iz poprečnog profila kanjona Medveja (sl. 33.) vidljivo je da se nagibi kanjonskih strana povećavaju prema dnu talvega, što može upućivati na pojačano usijecanje, odnosno dubinsku eroziju u zadnjoj fazi razvoja.



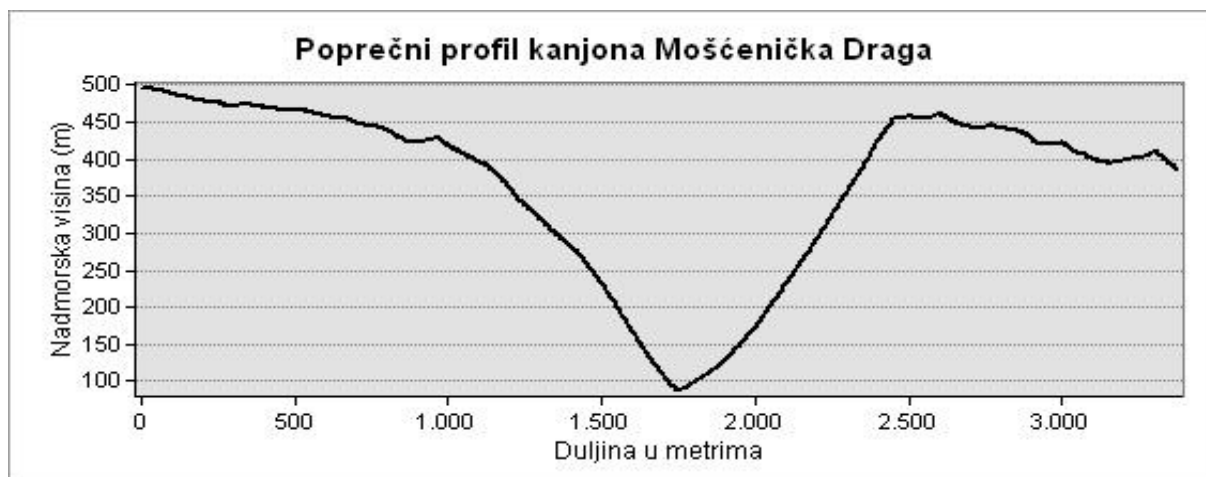
Sl. 31 Poprečni profil kanjona Medveja i Mošćenička draga



Sl. 32 Poprečni profil kanjona na hipsometrijskoj karti

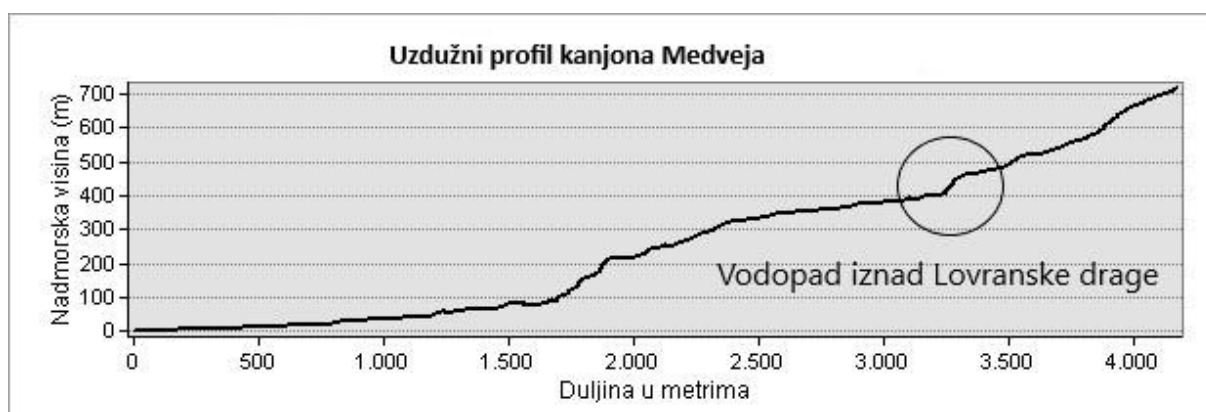


Sl. 33 Poprečni profil kanjona Medveja

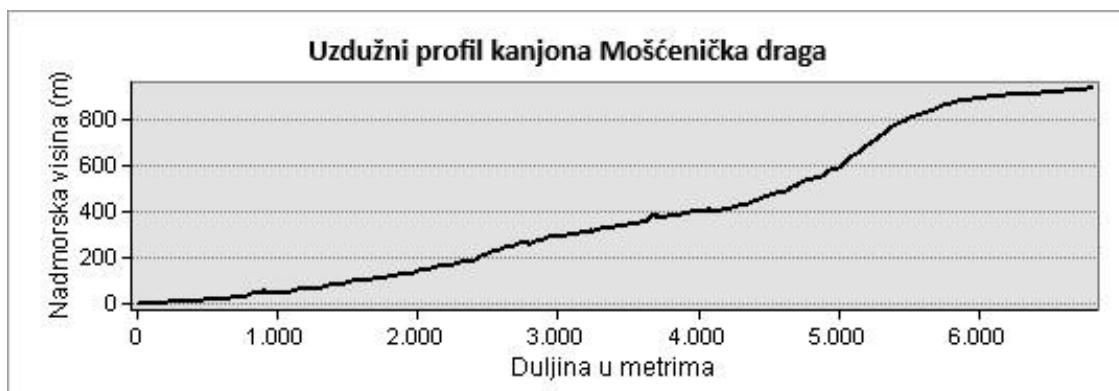


Sl. 34 Poprečni profil kanjona Mošćenička draga

Uzdužni reljefni profili po koritu glavnog toka do izvorišne zone ukazuju na strm put koji prevaljuju bujični tokovi. Mogu se uočiti strmije i zone blažeg nagiba korita. Na strmijim dijelovima toka snažnija je erozija i veći je pronos nanosa, dok na položenijim dijelovima dolazi do akumulacije materijala. Na profilu kanjona Medveja – Lovranska draga vidljiv je kaskadni dio toka iznad 400 m nadmorske visine gdje se pojavljuje vodopad (sl. 35). Strm prijelaz u slučaju Medveje također je prisutan i u zoni od 100 do 220 m nadmorske visine. Moguće je da je na ovaj pregib utjecao rasjed i pojava flišne zone koja tu prolazi, što je vidljivo na geološkoj karti (sl. 5). Nizvodno počinje duža položenijska trasa donjeg toka sve do ušća. U slučaju kanjona Mošćeničke drage najstrmiji dio toka je gornji tok bujice na visini od 600 do 800 m nadmorske visine. Izuzev te zone, hipsometrijsko spuštanje po koritu toka je relativno ujednačeno sve do područja donjeg toka (sl. 36).

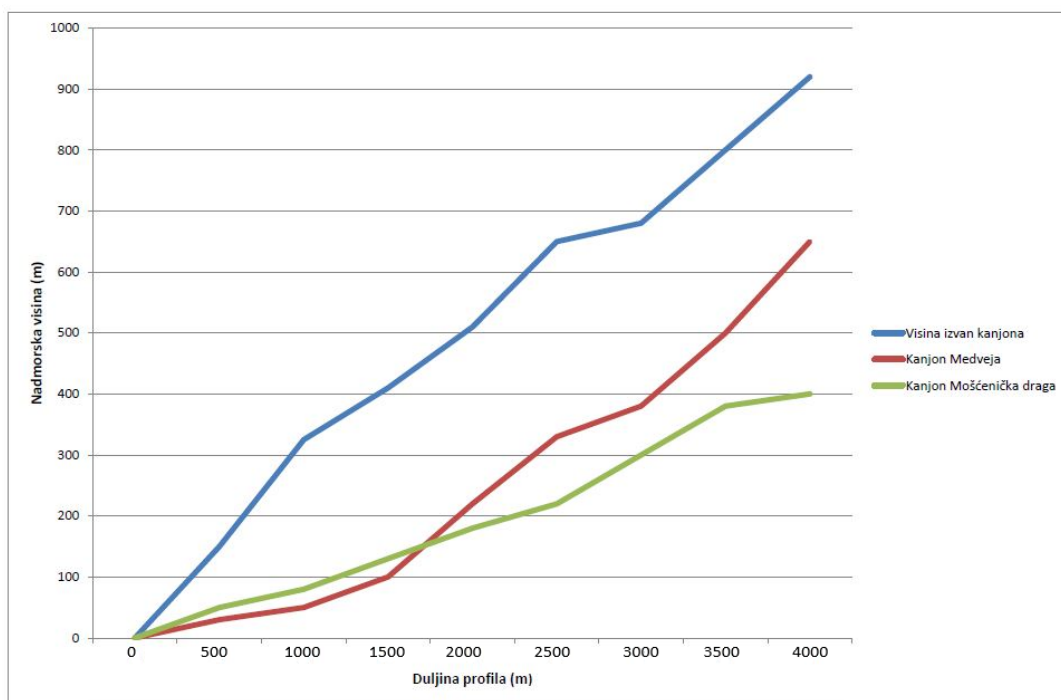


Sl. 35 Uzdužni profil po talvegu kanjona Medveja

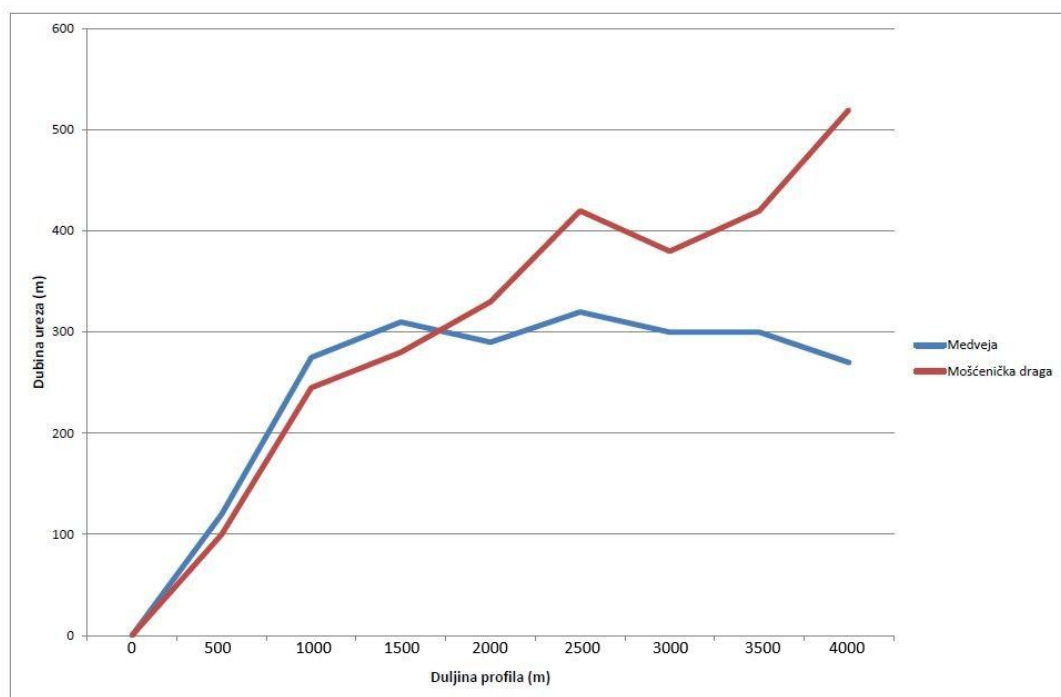


Sl. 36 Uzdužni profil po talvegu kanjona Mošćenička draga

Dubina ureza kanjona Medveja uzduž promatranog profila iznosi 100-300 m, dok u slučaju kanjona Mošćenička draga iznosi 100 – 520 m (sl. 38) u odnosu na visinski profil primorske padine Učke izvan kanjonskog prostora. Dubina ureza u slučaju kanjona Medveja malo je veća u zoni prvih 1,5 km od početne točke promatranog profila, odnosno ušća toka u more (sl. 37). Nakon toga, dubina ureza u slučaju kanjona Medveja stagnira na vrijednosti od oko 300 m, dok ovaj parametar poprima značajno veće vrijednosti u slučaju kanjona Mošćenička draga. Na 4 km udaljenosti od početne točke dubina ureza na području kanjona Mošćenička draga iznosi 520 m. Iz ovih podataka vidljivo je da usječenost kanjona Mošćenička draga u primorsku padinu Učke raste prema zoni gornjeg dijela kanjona, dok je usječenost kanjona Medveja najveća u zoni samo 1500 m od ušća (sl. 38). Navedeno se može zamijetiti i na vizualizaciji reljefa promatranog područja izrađenoj u programu ArcScene (sl. 8). Ovi podaci upućuju da je kanjon Mošćeničke drage u zrelijoj fazi razvoja, odnosno da je relativno stariji.



Sl. 37 Uzdužni profil kanjona Medveja i Mošćenička draga te profil primorske padine Učke izvan kanjonskog prostora

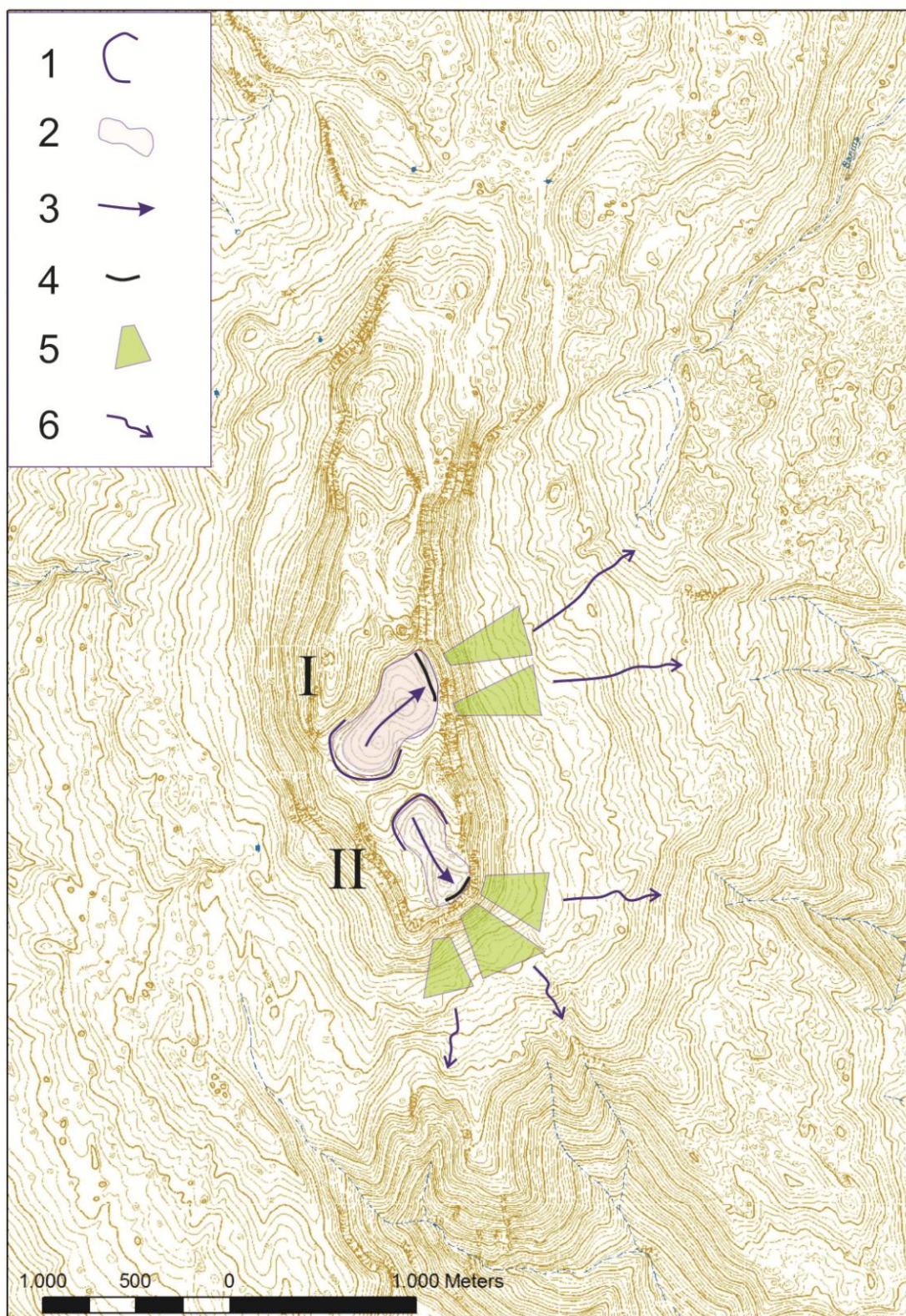


Sl. 38 Dubina ureza promatranih kanjona



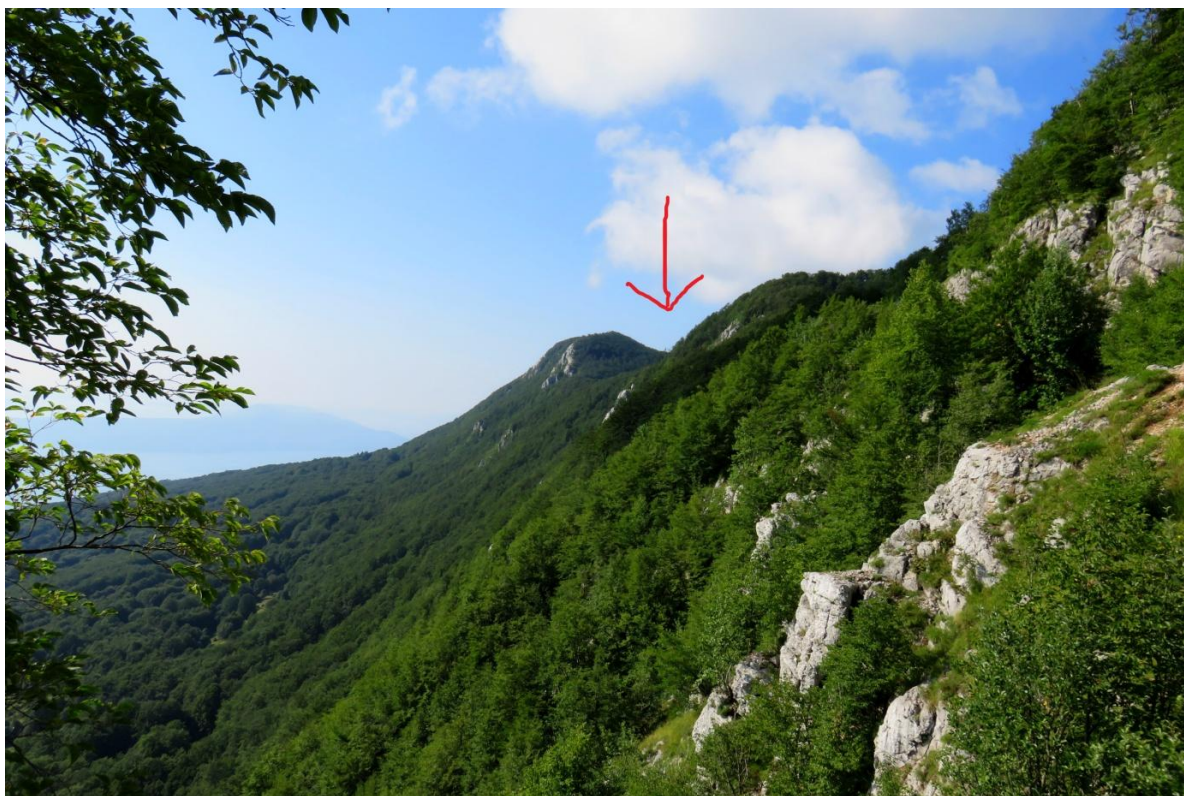
### **6.2.3. Analiza utjecaja pleistocenske glacijacije na razvoj kanjona**

Sagledavanjem stanja u protoru i odlika reljefa na topografskoj osnovi te terenskim promatranjem utvrđeno je područje čije morfološke karakteristike omogućuju hladniju mikroklimu te su pogodne za zadržavanje snijega u zimskim mjesecima (sl. 40). Glavne crte reljefa od doba virmskog glacijala do danas se nisu značajnije mijenjale jer je to u geološkom smislu vrlo kratko razdoblje. Glavnu razliku u krajoliku svakako čini vegetacija koja je u vrijeme znatno hladnije i aridnije klime gotovo potpuno izostajala na tim visinama te morska razina koja je bila značajno niža, kao i izostanak ljudskog djelovanja na krajolik. Ipak, morfološki gledano teren je bio vrlo sličan današnjem, pa se ponikve Veli dol i Mali dol između Vojaka i Suhog vrha može razmatrati kao idealna lokacija za nakupljanje snijega i leda u okolnostima hladnije klime (sl. 39). Lokalitete Veli dol i Mali dol možemo u kontekstu oledbe sagledavati kao cjelinu, s obzirom da ih dijeli tek mali greben neznatne visine. Da je i danas to područje mikroklimatski hladnije od okolnog prostora pokazuje i izolirana pojava šume smreke na tim lokalitetima (sl. 42). Takav konkavni oblik reljefa (sl. 41) omogućava nakupljanje i zadržavanje hladnog zraka, te pojavu temperaturne inverzije u ovim udolinama i u okolnostima današnje klime, osobito za vrijeme vedrih i mirnih noći.



Sl. 39 Geomorfološki tragovi oledbe na području Učke. I – Ledenjak Mali - Veli dol, II Ledenjak Suhi vrh, 1 – cirk, 2 - prostorni obuhvat pretpostavljenog ledenjaka, 3 – smjer kretanja ledenjaka, 4 – čena morena, 5 – pretpostavljene zone fluvioglacialnih plavina, 6 - glavni smjer kretanja vode uslijed kopnjenja lednjaka





Sl. 40 Područje terenskog istraživanja



Sl. 41 Pogled sa Vojaka (1401 mnv) na ponikve Mali - Veli dol





Sl. 42 Područje ponikava Mali - Veli dol



Sl. 43 Morena na području ponikve Mali – Veli dol





Sl. 44 Urušeno stablo daje uvid u sastav podloge



Sl. 45 Heterogeni morenski materijal





Sl. 46 Područje morene sa prisutnim većim blokovima stijena



Sl. 47 Eratički blok na području ponikve Veli dol

S obzirom na morfologiju terena može se pretpostaviti kako se na području ponikava Mali dol i Veli dol na vrhuncu virmskog glacijala razvio ledenjak cirknog tipa koji se prema položaju morene protezao do lokaliteta Vrata odnosno početka vrlo strme padine koja čini visinsku razliku od nekoliko stotina metara. Stoga je područje Velog dola i Malog dola zapravo cirk, odnosno erozijski ledenjački oblik nastao polukružnim kretanjem ledenjaka i udubljivanjem podloge. Cirkovi imaju amfiteatralni oblik s jedne strane otvoren prema nižim hipsometrijskim cjelinama kao u promatranom slučaju. U krškom području je uobičajeno inicijalnu depresiju koja služi za formiranje cirka često čine prostranije vrtače ili uvale. One daju okvir velikoj akumulaciji snijega iz koje se onda razvije ledenjački led. Posljedično, na pojedinim lokalitetima glacijalni procesi utjecali su na krške procese i na razvoj krškog reljefa (Bočić i dr., 2012). U slučaju Malog dola i Velog dola ledenjak je vjerojatno sezao do ruba strme padine gdje se manjim jezicima spuštao ili urušavao niz padinu. Na području ponikve Veli dol, na strani okrenutoj prema hipsometrijski nižem području akumulirao se nevezani rastresiti materijal sa heterogenim kršjem, valuticama i blokovima (sl. 43, 44, 45 i 46). Osim toga, utvrđena je i pojava eratičkog bloka na području ponikve Veli dol (sl. 47). Ovaj blok veličine je oko 2 m, a sličnih blokova ima i na području morene (sl. 46). Takvo stanje utvrđeno je terenskom prospekcijom s obzirom da nedostaju otvoreni profili koji bi dali uvid u njen sastav, izuzev starog i već zaraslog šumskog puta. Čitavo područje obraslo je bukovom šumom i nije lako prohodno što također otežava uvid. Navedene morfološke i sedimentološke karakteristike upućuju da se ovdje najvjerojatnije radi o moreni. Nadmorska visina ponikava Mali dol i Veli dol je 1190 - 1250 m, a procijenjena dužina morene je oko 200 m. Voda od topljenja leda mogla je izazvati poketanje masa bujičenjem niz padinu, pa se podno strmih padina ispod lokaliteta Vrata mogu pronaći fluvioglacialni sedimenti (sl. 48 i 59). Pretpostavljeni morenski materijal potencijalni je dokaz egzistencije cirkne oledbe područja ponikava Malog dola i Velog dola. Ovo područje pripada slijevu primorske padine Učke, odnosno Kvarnera preko drenažne mreže bujičnog toka sa ušćem u Medveji kao i toka Banina sa ušćem u Iki (sl. 39). Dvije ponikve sličnog morfološkog oblika i nešto manje površine nalaze se na nadmorskoj visini 1220 - 1300 m jugozapadno od Suhog vrha. Stoga se može pretpostaviti da je glacijacija zahvatila i taj lokalitet, koji pripada drenažnom bazenu kanjona Mošćenička draga (sl. 39).





Sl. 48 Područje fluvioglacialnog sedimenta u podnožju padine ispod lokaliteta Veli- Mali dol

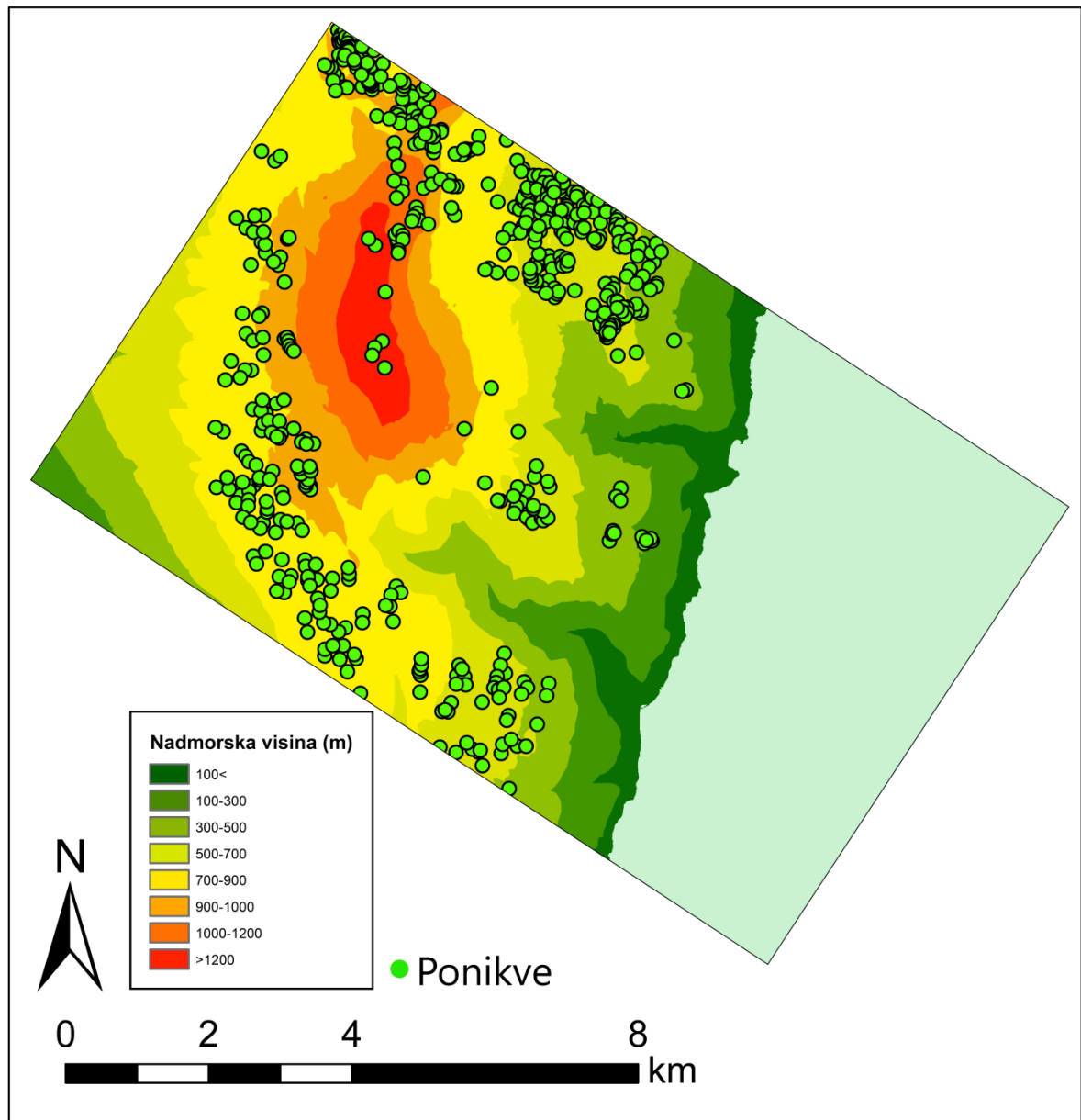


Sl. 49 Fluvioglacialni sediment

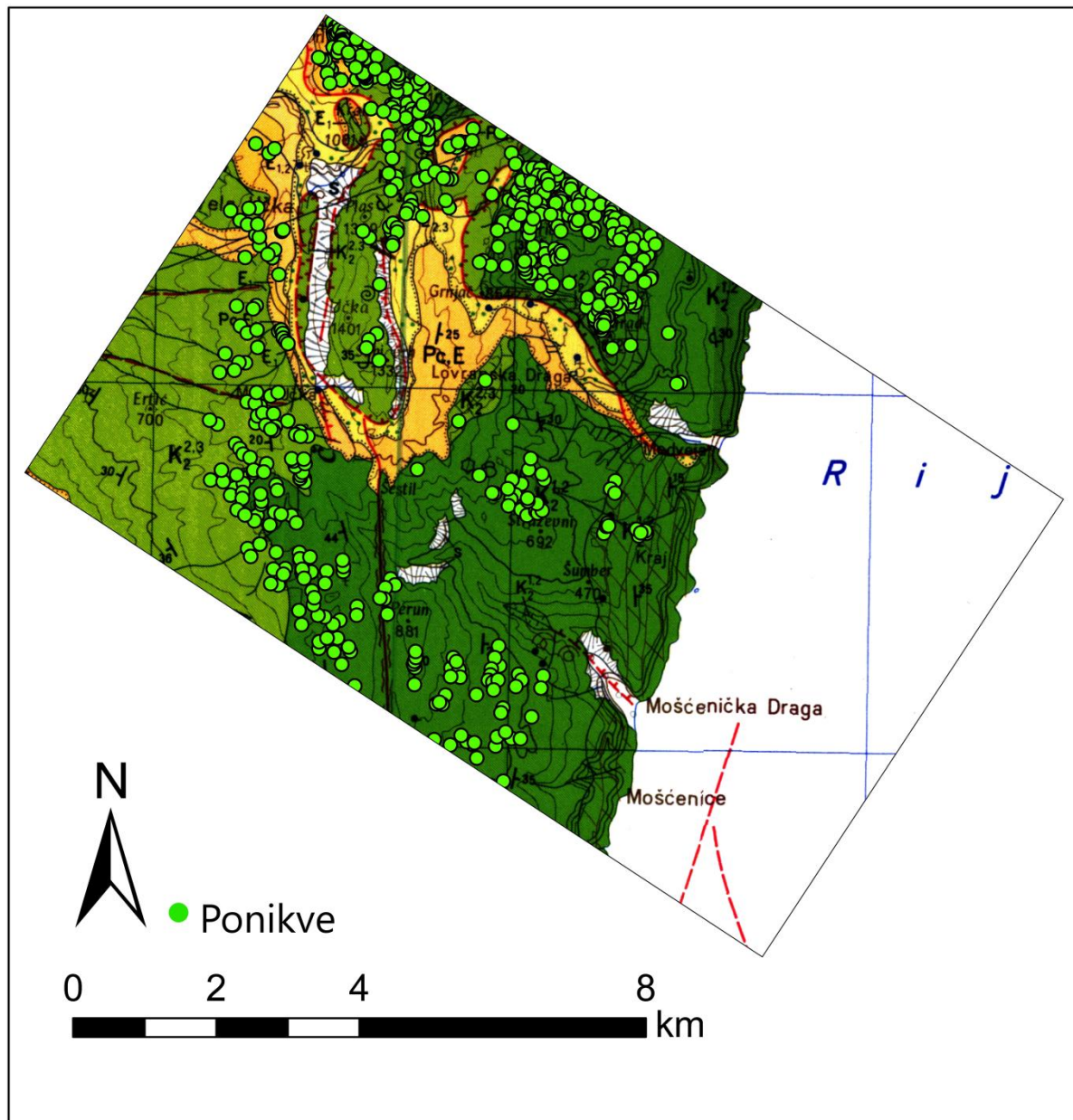


#### **6.2.4. Analiza ponikava**

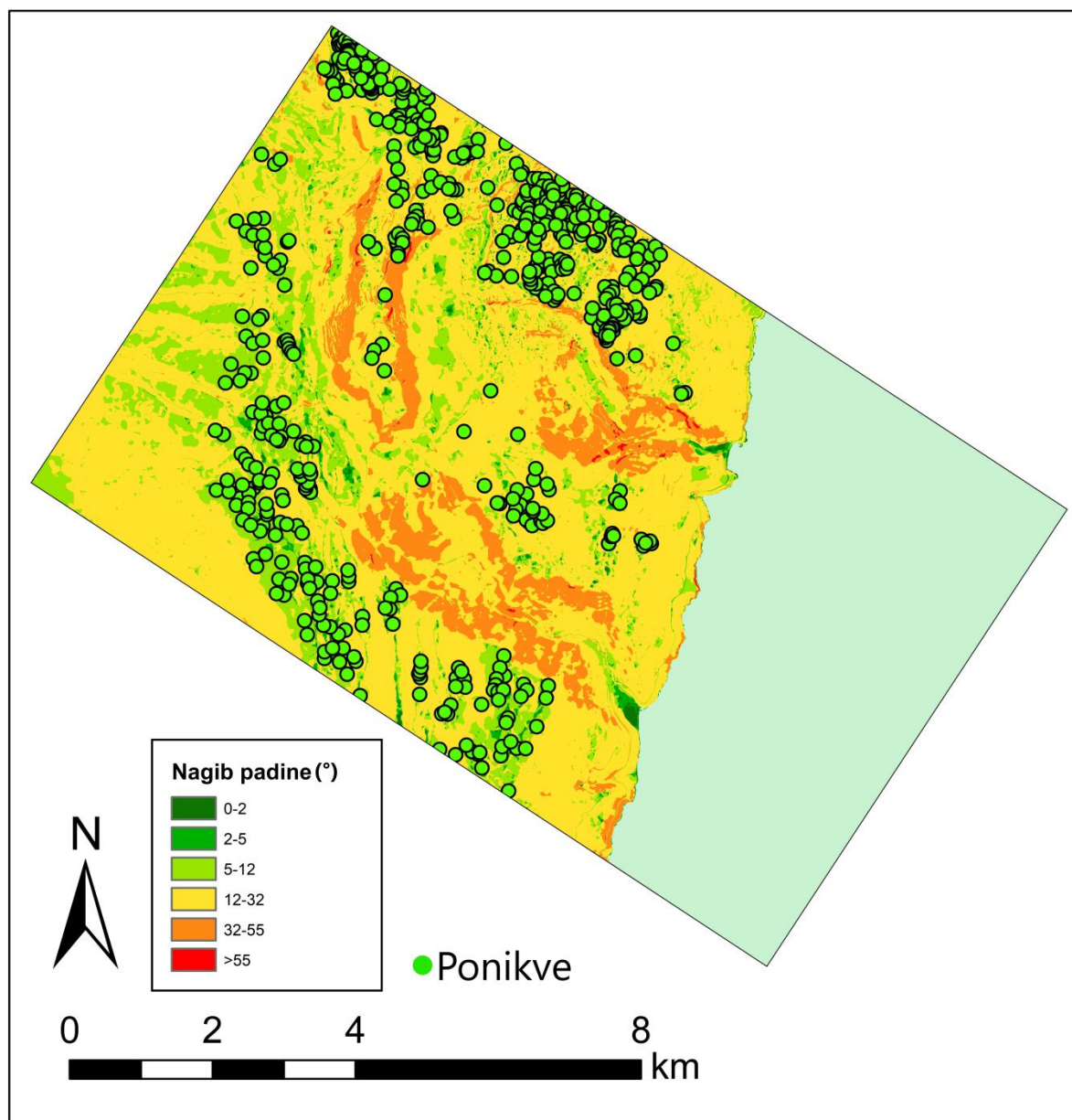
Ponikve su izolirana udubljenja u krškim područjima različitih oblika i veličina, promjera najčešće od nekoliko metara do 1 km, te su jedan od osnovnih krških reljefnih oblika. Nastaju različitim procesima uključujući koroziju, urušavanje i spuštanje terena (Ford i Williams, 2007). Kao takve, ponikve predstavljaju morfološki izraz okršavanja nekog područja (Faivre, 1992). Krš je uvijek razvijen na područjima gdje ima ponikava, zbog čega se ponikve smatraju „dijagnostičkim“ krškim oblikom. S druge strane, ukoliko ponikve izostaju to ne znači da krš nije razvijen zato što krški sustav podzemnog otjecanja može postojati bez obzira na izostanak ponikava na površini (Ford i Williams, 2007). Učestalost pojavljivanja ponikava na površini u vezi je sa litološkim i tektonskim obilježjima stijenskoga kompleksa te specifičnim klimatsko-biološkim uvjetima koji utječu na nastanak i razvoj ponikava (Pahernik, 2012). Određenu ulogu ima i ekspozicija padine, pa se tako smatra da su južno eksponirani obronci zbog brzine otapanja snijega manje izloženi procesima okršavanja od onih sa sjevernom ekspozicijom (Faivre, 1992).



Sl. 50 Prostorni razmještaj ponikava na hispometrijskoj podlozi



Sl. 51 Prostorni razmještaj ponikava na podlozi segmenta OGK Labin (Polšak i dr., 1963)



Sl. 52 Odnos prostornog razmještaja ponikava u odnosu na nagib padina

Prostorni razmještaj ponikava na promatranom području u skladu je sa općim zakonitostima vezanim za pojavnost ponikava. Tako pojavnost ponikava ovisi prije svega o litološkim, tektonskim, strukturnim i klimatskim čimbenicima (Faivre, 1992). Ponikve su prisutne na području svih visinskih razreda promatranog područja (sl. 50). Ponikve na promatranom području u cijelosti razvijene na vapnencima, dok njihova pojava na području flišnih zona izostaje (sl. 51). Rasjedi u promatranom slučaju nemaju vidljivog učinka na pojavnost ponikava. Nagib terena također je od velike važnosti za pojavu ponikava jer veći nagibi povećavaju koeficijent otjecanja što smanjuje utjecaj korozijskih procesa



(Faivre, 1992). Stoga što se one većinom pojavljuju na blago nagnutim terenima ( $2^{\circ}$ - $5^{\circ}$ ) i umjereno nagnutim terenima ( $5^{\circ}$ - $12^{\circ}$ ), dok njihova pojava izostaje na terenima značajnih nagiba ( $12^{\circ}$ - $32^{\circ}$ ), strmim terenima ( $32^{\circ}$ - $55^{\circ}$ ) te strmcima ( $>55^{\circ}$ ) (sl. 52). Tako pojava ponikava u potpunosti izostaje na područjima promatranih kanjona te padinama vršnog hrpta Učke iako je litološka podloga pogodna za njihov nastanak. Najveća gustoća ponikava prisutna je sjevernije od kanjona Medveja nakon rasjedne zone koja dijeli flišne naslage od vapnenaca te sjevernije i sjeverozapadnije od vršnog hrpta Učke (sl. 51) Na području podno vršnog hrpta Učke ponikve izostaju uslijed flišne podloge. Ponikve koje se nalaze u blizini kanjona podzemnim šupljinama mogu drenirati oborinsku vodu u slijevove kanjona (sl. 54).



Sl. 53 Ponikve na lokalitetu Podmaj

### 6.3. Hidrološka analiza

Pojava i kretanje površinskih i podzemnih voda na promatranom području u uskoj su vezi s već opisanom strukturno-tektonskom građom terena i litološkim sastavom naslaga koje ga izgrađuju. Pri tome je od najveće važnosti međusoban odnos vodopropusnih i vodonepropusnih naslaga. Tako se razlikuju u cjelini dobro propusni kompleks karbonatnih stijena te u cjelini vodonepropusni flišni kompleks. Naslage kvartarne starosti, poput crvenice, sipara i potočnog nanosa imaju ograničeno prostiranje zbog čega nisu od većeg značaja za dinamiku voda. Kompleks karbonatnih stijena prostorno je dominantan, dok se naslage fliša

nalaze na površini terena u obliku uskih pojaseva ili izoliranih zona. Takav uski pojas proteže se prateći rasjed od Medveje, zatim dalje podno brda Knezgrad do područja u blizini Lovraske drage, zatim prema području tektonskog poluokna Rečine pa dalje sve do podnožja strmog vršnog hrpta sjeverne Učke. Osim na površini, fliš se nalazi i ispod na njega navučenih karbonatnih vapnenaca, što je slučaj sa vršnim grebenom sjeverne Učke gdje karbonatna navlaka glavnog vapnenačkog grebena sjeverne Učke čini vodonosnik. Takav strukturni sklop doveo je do pojave izvora u zoni podno vršnog hrpta sjeverne Učke, gdje ih je nekoliko kaptirano i uključeno u sustav vodovoda Opatije, a sustavno kaptiranje započelo je već 1903. godine.

Karbonatne stijene raspucale su na površini i u podzemlju te različito okršene. Stoga se oborinske vode brzo infiltriraju u podzemlje. Poroznost stijena je pukotinsko-kavernozna, što znači da su neke pukotine proširene uslijed korozivnog rada vode u široke kaverne što olakšava i usmjerava kretanje podzemnih voda (Prostorni plan, 2006). Čitavo područje Učke relativno je siromašno vodnim pojavama, a sve su značajnije vodne pojave vezane za lokalne vodonosnike manjih dimenzija unutar karbonatnog kompleksa stijena, dok je istjecanje vezano za navlačni kontakt. Izvori i površinski tokovi relativno brzo reagiraju na pojavu kiše, pa postoji korelacija izdašnosti izvora i protoka povremenih vodotoka s količinom padalina u pojedinom dijelu godine (sl. 54). Tako se maksimalna izdašnost izvora i najveći protok javljaju tijekom dijela jeseni (studen i kao mjesec s najvećom prosječnom količinom padalina), zime i u proljeće, odnosno tijekom razdoblja obilnijih kiša ili topljenja snijega. Minimalna izdašnost izvora i vodotoka obično se javlja krajem ljeta u razdoblju najizraženijeg praznjenja vodonosnika, u ovom slučaju glavnog vapnenačkog grebena sjeverne Učke. Za ovaj rad najvažniji su povremeno aktivni bujični tokovi kanjona Mošćeničke drage i Medveje. Za ova dva toka ne postoje podaci o vodostaju i protoku jer se mjerenja ne provode, što je uobičajeno za povremene tokove ovakvih karakteristika. Stoga je za potrebe hidrološke analize na određenim točkama ovih tokova terenski praćeno i fotografski zabilježeno (metodom ponovljene fotografije) stanje nakon obilnijih kiša kada je tok aktivan i protok povećan te u sušnom razdoblju kada je tok neaktivan, a korito bez vode (sl. 55, 56, 57, 58, 63 i 64). Ovi tokovi nemaju točno određene izvore već se formiraju drenažom terena prilikom padanja jačih kiša. Izuzetak je su izvori Lepa bukva, Griža i Ravan na južnim padinama sjeverne Učke koji se odvodnjavaju dalje u kanjon Mošćeničke drage, no ti su izvori male izdašnosti te su kaptirani i uključeni u sustav vodovoda, pa im je izdašnost dodatno smanjena, a voda lako ponire u karbonatnu podlogu vlastitih korita osim u vlažnijem razdoblju. Terenskom opservacijom utvrđeno je da stalniji protok ima samo ogranak toka na flišnoj zoni kod

Lovranske drage i njegovi manji pritoci te dio toka u kanjonu Mošćeničke Drage do napuštenog naselja Trebišća. Na kontaktu flišne i karbonatne zone voda često ponire u korito potoka, a nastavlja svoj tok ukoliko je dotok vode iz prethodnog dijela toka dovoljno velik. Prateći stanje na terenu za vrijeme obilne kiše i povećanog protoka utvrđeno je da je donos materijala do ušća u Mošćeničkoj dragi minimalan zbog duge dionice regulacije toka gdje su i dno i strane korita u potpunosti regulirane (sl. 65 i 66). Donos materijala do ušća u Medveji također je umanjen zbog regulacije toka, ali je ipak nešto veći u odnosu na Mošćeničku dragu jer dno nije betonirano, a u koritu postoji značajna količina potočnog nanosa koji se premiješta koritom za vrijeme velikih voda (sl. 60, 61 i 62). Osim toga, bujični tok sa ušćem u Medveji kada je aktivan sudjeluje u značajnom premještanju šljunka žala na području ušća (sl. 55), dok to u Mošćeničkoj dragi zbog položaja reguliranog ušća nije slučaj (sl. 67). Terenskim razmatranjem također je utvrđeno kako tokovi naglo (u nekoliko sati) dosegnu maksimalne vrijednosti protoka i vodostaja tijekom padanja obilnije kiše (sl. 54). Po prestanku padalina, vodostaj i protok opadnu prvo naglo (tijekom nekoliko sati od prestanka padalina), a potom postupno sve dok korita ne ostanu suha. Osim ovih bujica u Medveji postoji i kratak stalni potok Jaz (sl. 68) koji izvire podno karbonatnog grebena na dodiru s plavinom na svega nekoliko metara nadmorske visine. Protok ovoga toka ima malu varijabilnost i s toga ne sudjeluje u donosu materijala, već samo u premještanju šljunka žala (sl. 69). Ušće mu je u neposrednoj blizini ušća bujice u Medveji, a korito mu je također regulirano.



Sl. 54 Aktivan tok bujice u Medveji prije ušća





Sl. 55 Ušće bujice u Medveji kada je tok aktivan (29.05.2019.)



Sl. 56 Ušće bujice u Medveji u sušnom razdoblju (05.07.2019.)



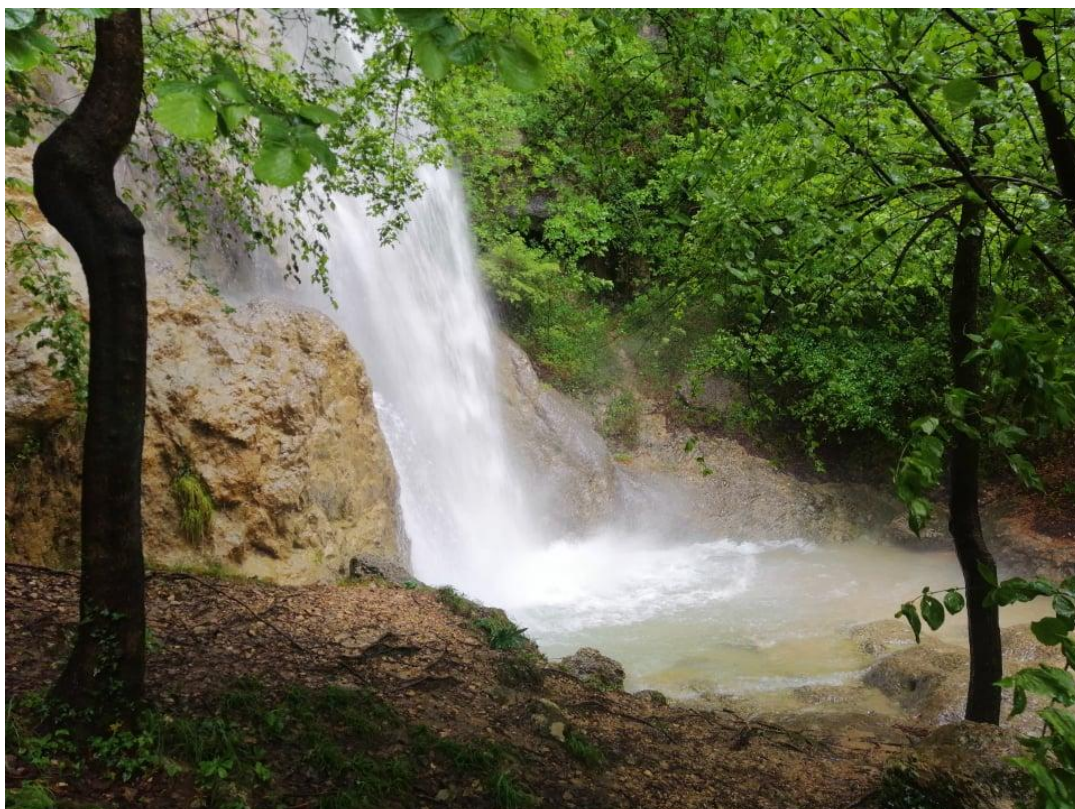


Sl. 57 Najizdašniji prtok bujice kod Lovranske drage u kišnom razdoblju (29.05.2019.)



Sl. 58 Najizdašniji prtok bujice kod Lovranske drage u sušnom razdoblju (19.04.2019.)





Sl. 59 Vodopad iznad Lovranske drage (29.05.2019.)

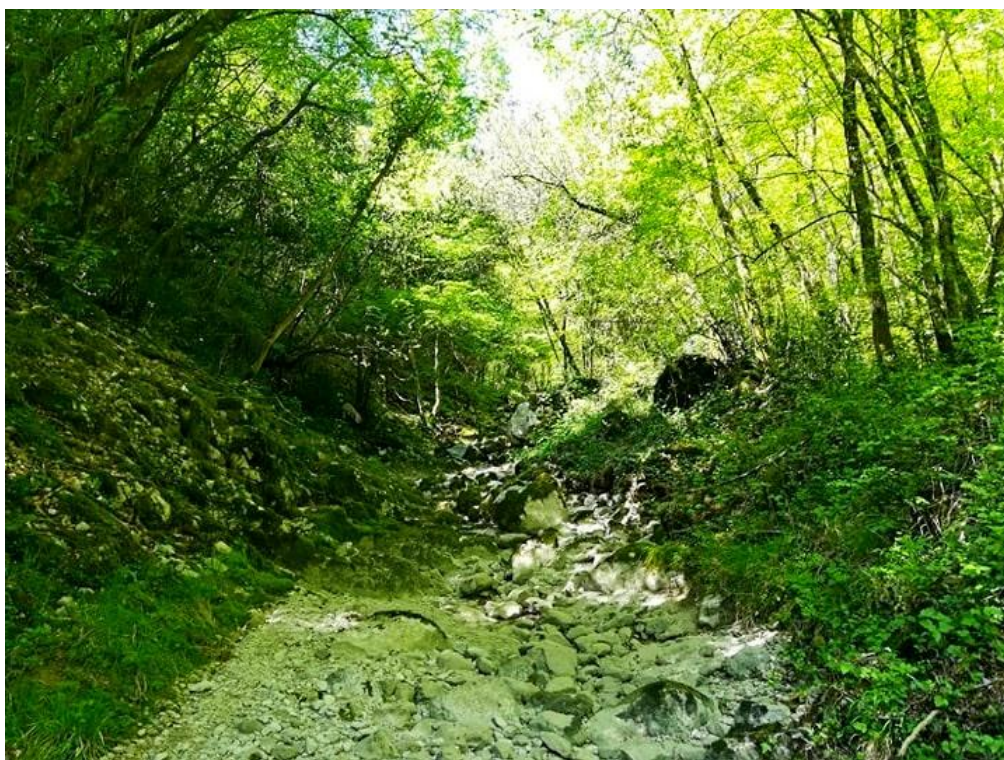


Sl. 60 Vertikalni profil naslaga potočnog nanosa u Medveji



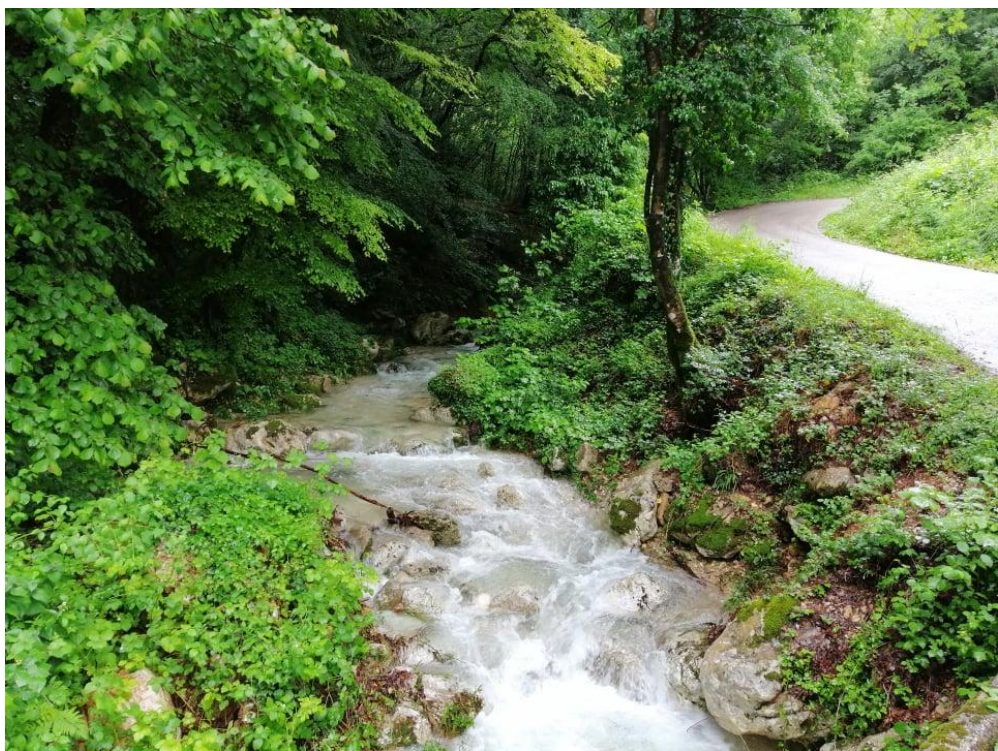


Sl. 61 Reguliran donji tok bujice u Medveji



Sl. 62 Suho korito bujice u Medveji na prijelazu iz srednjega u donji tok





Sl. 63 Aktivan bujični potok kanjona Mošćeničke drage na prijelazu na prijelazu iz srednjega u donji tok (29.05.2019.)



Sl. 64 Bujični tok kanjona Mošćeničke drage na prijelazu iz srednjega u donji tok u sušnom razdoblju (15.04.2019.)





Sl. 65 Reguliran donji tok bujice u naselju Mošćenička draga. Regulacija je izvršena na stogodišnju protoku



Sl. 66 Reguliran tok bujice u naselju Mošćenička draga





Sl. 67 Regulirano ušće bujice u naselju Mošćenička draga



Sl. 68 Tok potoka Jaz unutar autokamopa Medveja

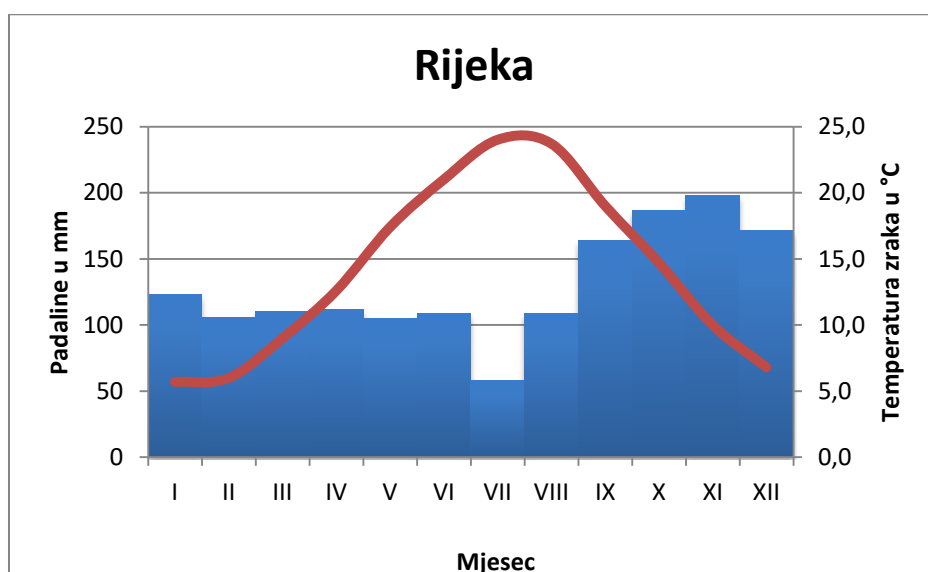




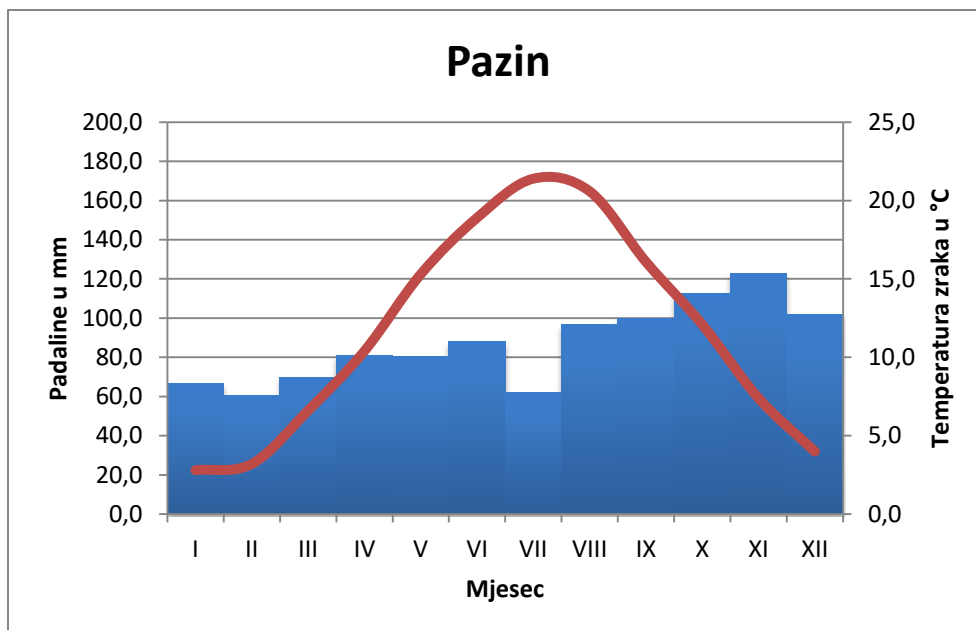
Sl. 69 Ušće potoka Jaz nalazi se u blizini ušća bujice na području žala u Medveja

#### 6.4. Analiza klimatoloških podataka

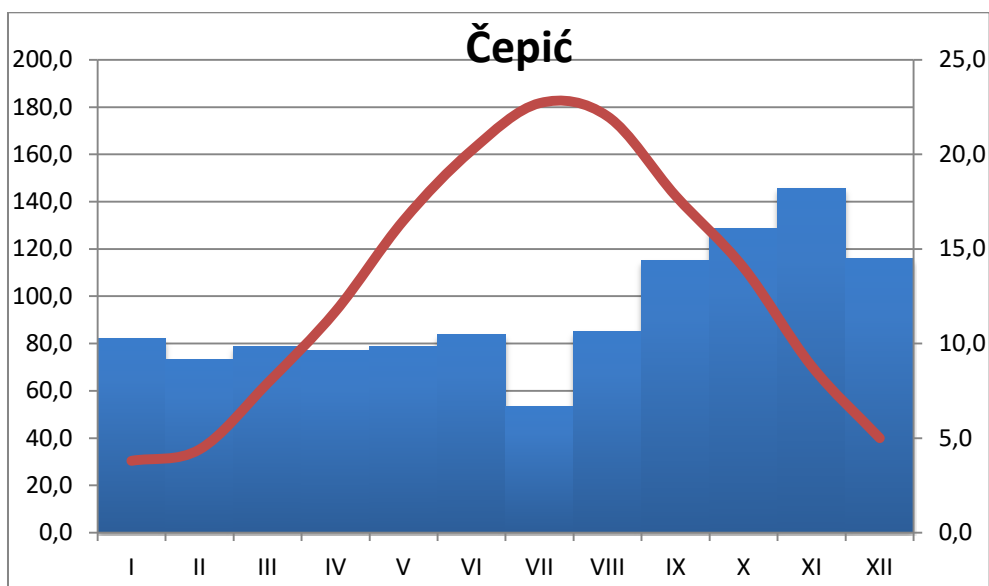
Uslijed nedostatka podataka za klimatološku analizu direktno unutar promatranog područja, korišteni su podaci najbližih postaja (Rijeka, Pazin i Čepić) sa dostupnim tridesetogodišnjim klimatskim nizom za razdoblje 1980. - 2010.



Sl. 70 Klimadijagram za Rijeku za razdoblje 1981. - 2010. (Izvor: DHMZ)



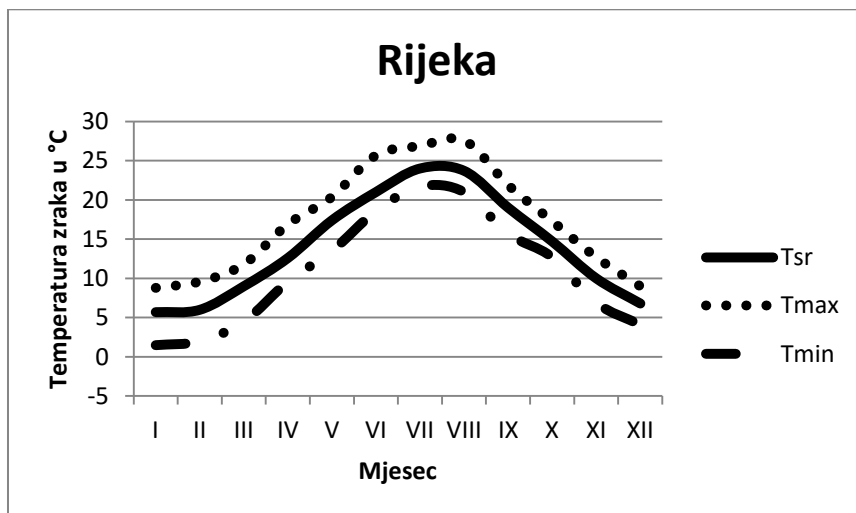
Sl. 71 Klimadijagram za Pazin za razdoblje 1981. - 2010. (Izvor: DHMZ)



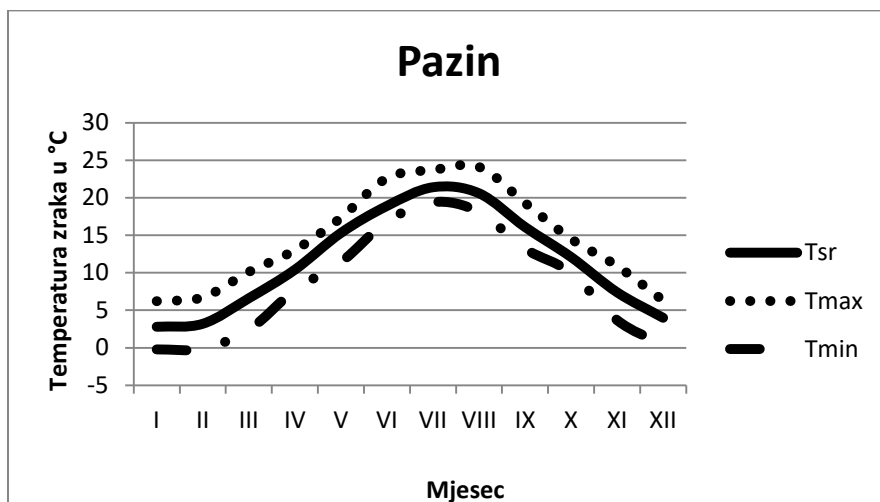
Sl. 72 Klimadijagram za Čepić za razdoblje 1981.- 2010. (Izvor: DHMZ)

Klimadijagrami za Rijeku (sl. 70), Pazin (sl. 71) i Čepić (sl. 72) za razdoblje 1980. - 2010. potvrđuju već poznata klimatska obilježja prostora iznesena u prethodnom dijelu rada u poglavlju o klimi promatranog prostora. Nedostatak ovih podataka svakako jest udaljenost od Učke, no osnovne klimatološke zakonitosti koje vrijede za šire područje moguće je utvrditi. U odnosu na ove podatke, klima promatranog područja modificirana je nadmorskom visinom što utječe na vrijednosti temperature i količinu padalina tijekom godine. Izrađeni klimadijagrami potvrđuju obilježja umjereno tople kišne klime s toplim ljetom (Cfb) i umjereno tople kišne klime bez suhog razdoblja i s vrućim ljetom (Cfa). Suho razdoblje na promatranom području

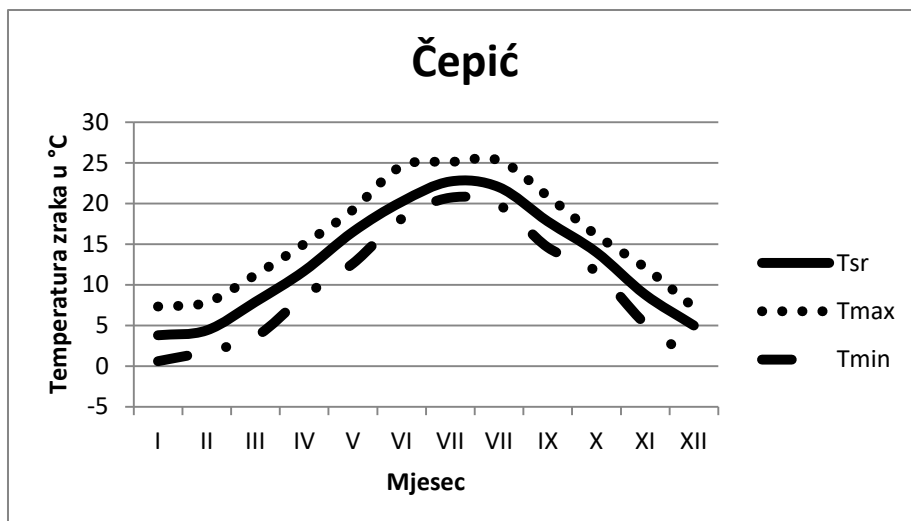
izostaje, izuzev srpnja koji je jedini mjesec sa nešto manjom prosječnom količinom padalina. Srpanj je ujedno i mjesec sa najvišom prosječnom temperaturom zraka na promatranim postajama, dok je najhladniji mjesec siječanj. S druge strane, najviše padalina prosječno bilježe jesenski mjeseci, odnosno studeni kao mjesec s najvišom prosječnom količinom padalina na svim promatranim postajama, što je posljedica pojačane ciklogeneze na području Sredozemlja u to doba godine.



Sl. 73 Kretanje srednjih mjesečnih, te srednjih minimalnih i srednjih maksimalnih temperatura po mjesecima za Rijeku u razdoblju 1981. - 2010. (Izvor: DHMZ)

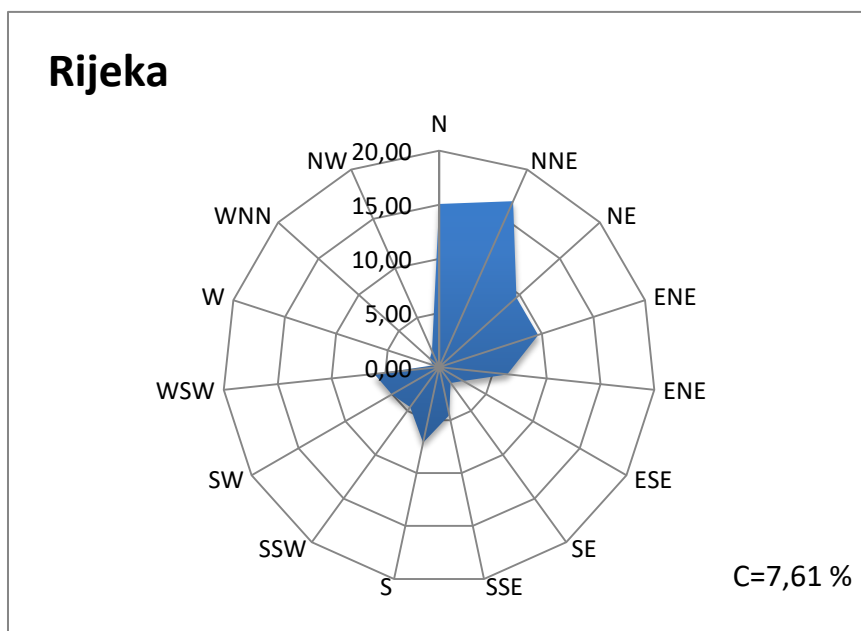


Sl. 74 Kretanje srednjih mjesečnih, te srednjih minimalnih i srednjih maksimalnih temperatura po mjesecima za Čepić u razdoblju 1981. - 2010. (Izvor: DHMZ)

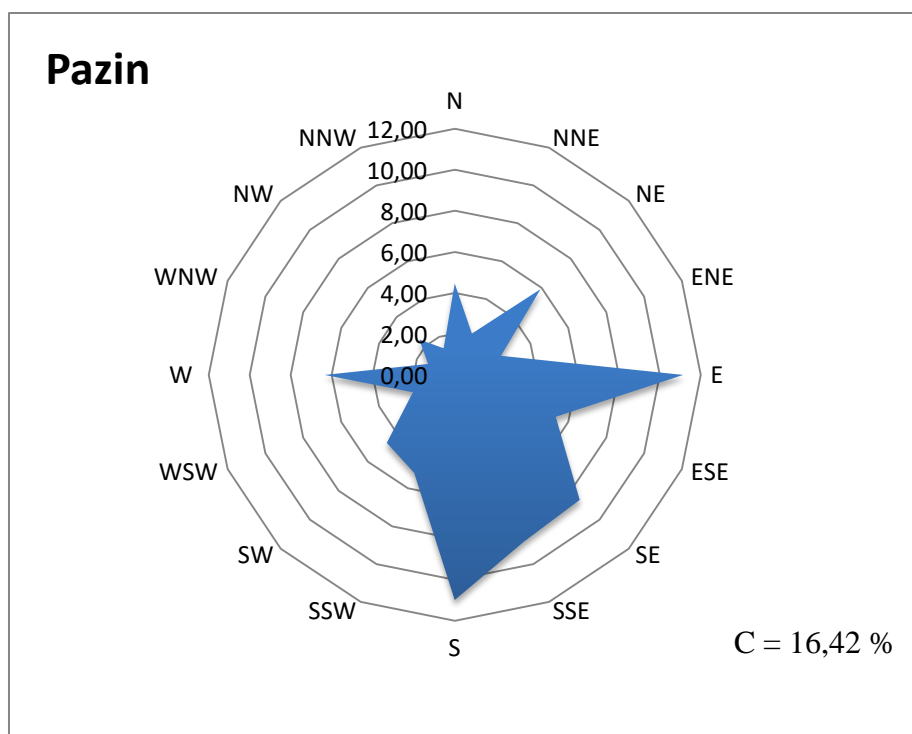


Sl. 75 Kretanje srednjih mjesečnih, te srednjih minimalnih i srednjih maksimalnih temperatura po mjesecima za Čepić u razdoblju 1981. - 2010. (Izvor: DHMZ)

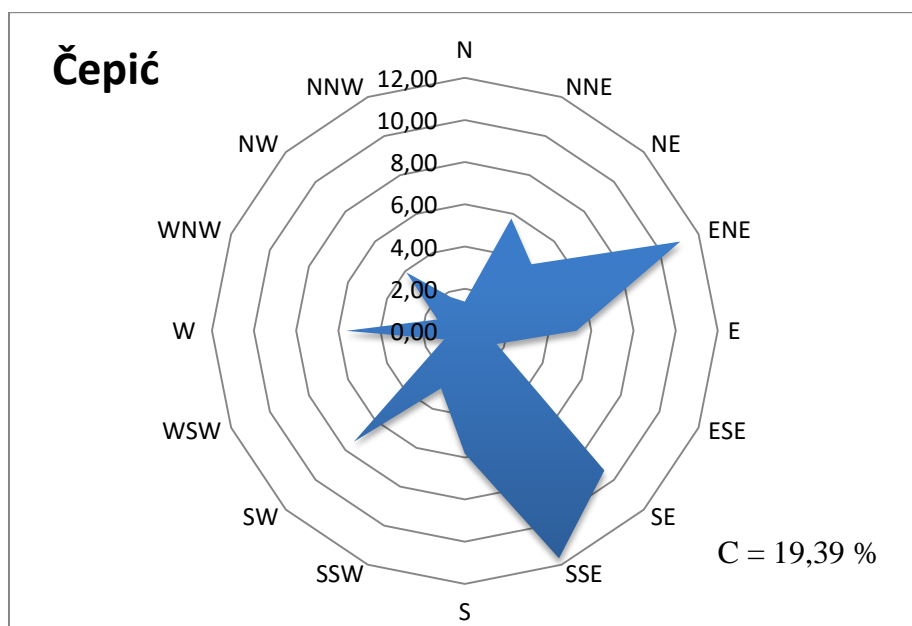
Prikaz kretanja srednjih mjesečnih, te srednjih minimalnih i srednjih maksimalnih temperatura po mjesecima, za postaje Rijeka (sl. 73), Pazin (sl. 74) i Čepić (sl. 75) u razdoblju 1981. - 2010. ukazuju na blagost klime promatranog područja, odnosno izostanak pojave ekstremno niskih i ekstremno visokih temperatura tijekom godine. Sve su promatrane postaje na relativno niskoj nadmorskoj visini, pa treba uzeti u obzir kako viši predjeli Učke mogu bilježiti značajno niže vrijednosti temperatura.



Sl. 76 Čestine vjetra na klimatološkoj postaji Rijeka za razdoblje 1981. - 2010. (Izvor: DHMZ)



Sl. 77 Čestine vjetra na klimatološkoj postaji Pazin za razdoblje 1981. - 2010. (Izvor: DHMZ)



Sl. 78 Čestine vjetra na klimatološkoj postaji Čepić za razdoblje 1981. - 2010. (Izvor: DHMZ)

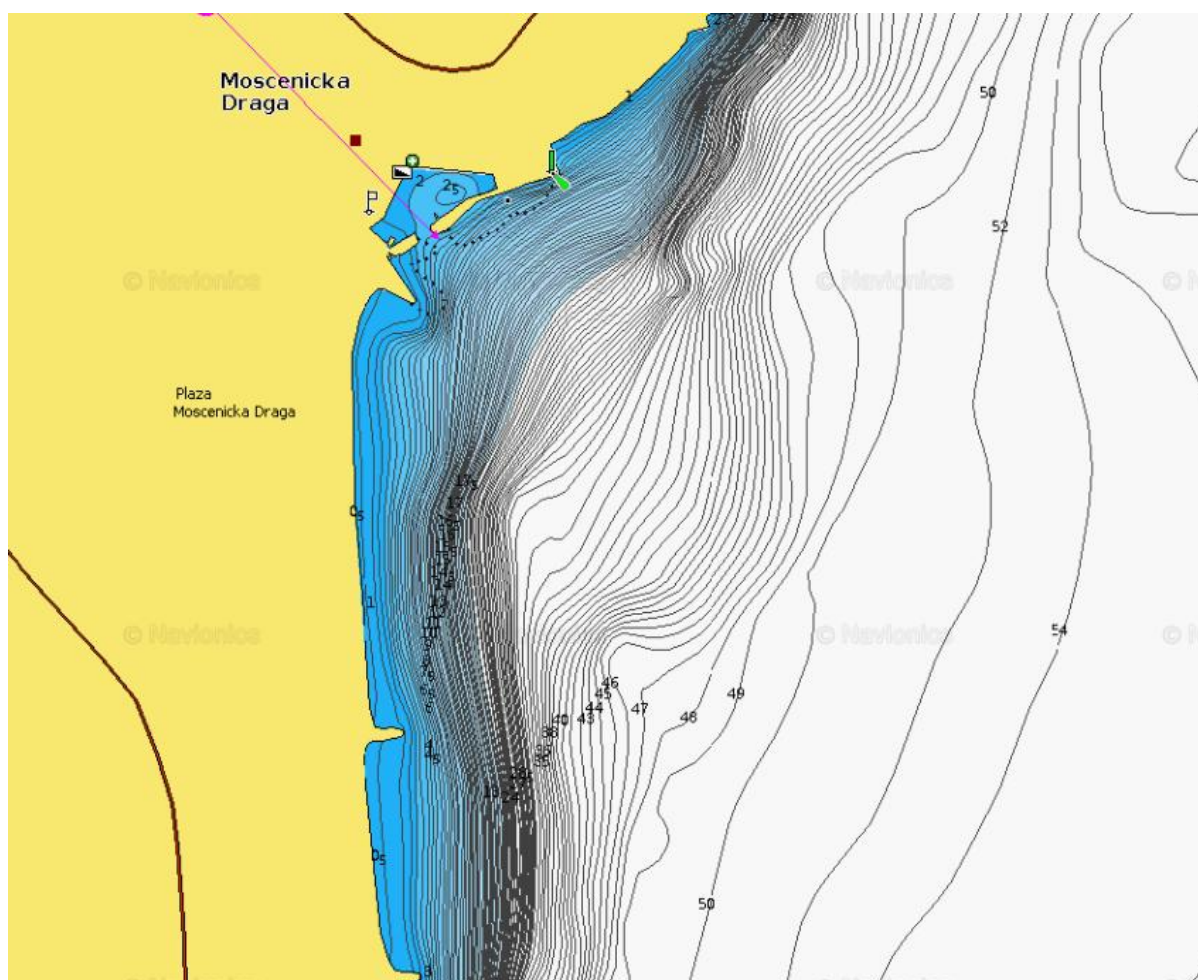
Dijagrami čestine vjetra za promatrane postaje u velikoj su mjeri pod utjecajem morfologije terena, pa prevladavajući vjetrovi šireg područja, odnosno bura i jugo mogu po zabilježenom smjeru odstupati od prirodno najčešćeg smjera puhanja tih vjetrova. Od promatranih postaja, bura najizraženije puše u Rijeci (sl. 76), dok su kod postaja Pazin (sl. 77) i Čepić (sl. 78) snažniji i češći vjetrovi južnih smjerova. Promatrano područje primorske

padine Učke otvoreno je prema Kvarneru, odnosno podjednako je otvoreno i prema buri i prema jugu. Veće brzine puhanja postiže bura, osobito njeni udari s obzirom da je poznata kao mahovit vjetar sa velikim oscilacijama u brzini puhanja, dok jugo puše znatno ujednačenijom brzinom. Za područje primorske padine Učke također je vrlo važna dnevna cirkulacija zraka za stabilnoga vremena u vidu zmorca i kopnenjaka. Kopnenjak se noću značajnije kanalizira u kanjonskom prostoru Medveje i Mošćeničke drage. Radi se o umjerenim vrijedostima brzine vjetra, pa takav vjetar ne predstavlja smetnju već najčešće ugodnu, biometeorološki povoljnu cirkulaciju zraka, osobito ljeti, kad oba vjetra donose ugodno osvježanje. Očekivano, razdoblje tišina češće je u Čepiću (19,39%) i Pazinu (16,42%) nego u Rijeci (7,61%). Rijeka kao grad na moru otvorenija je vjetrovima iz svih sjerova za razliku od kotlinski položenih Čepića i Pazina.

## **6.5. Analiza podmorja i utjecaja porasta morske razine**

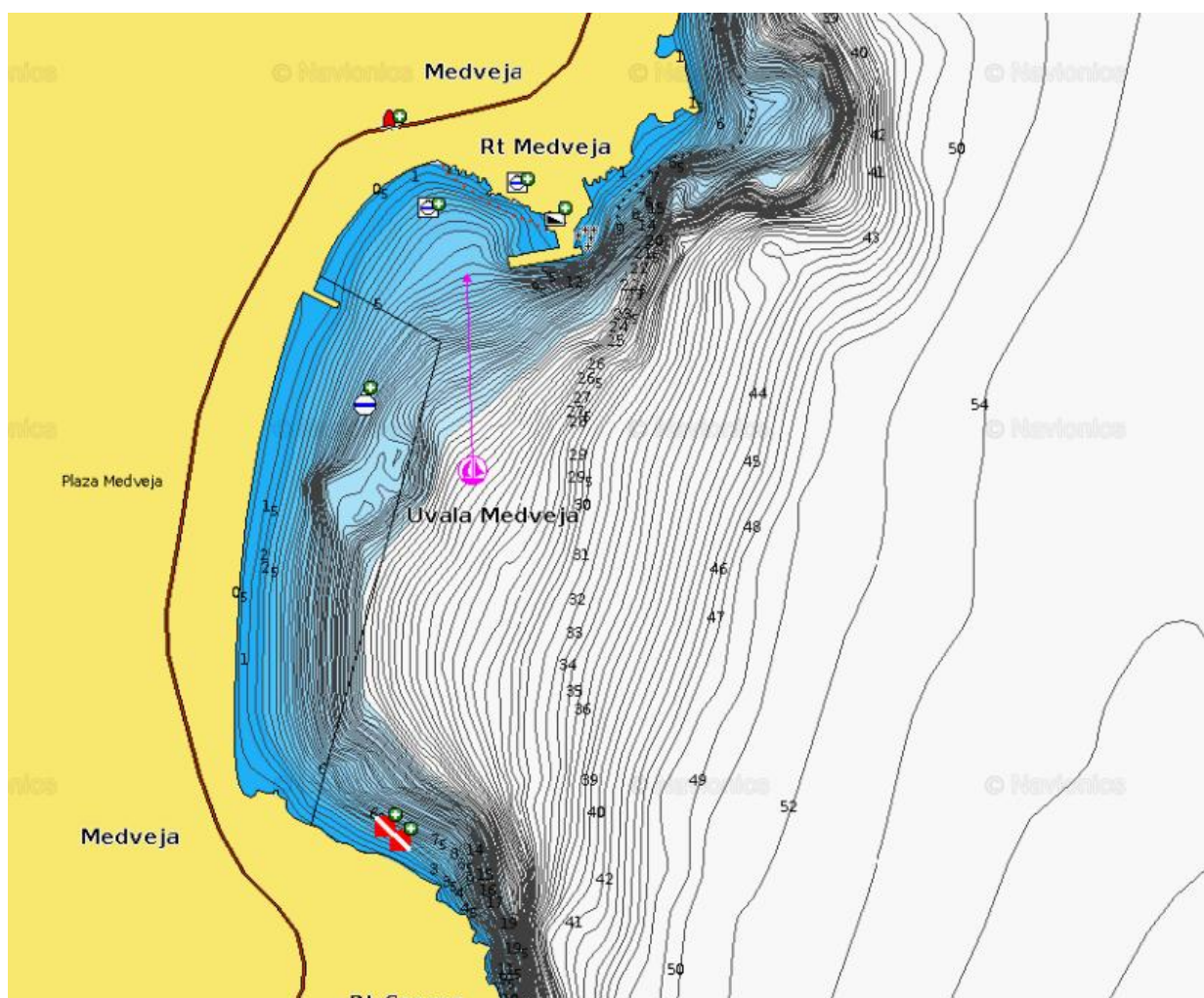
Mihljević (1996) u svome radu vezano za postanak kanjona kao nejasnoću navodi nemogućnost pronalaska pripadajućeg denudiranog materijala nastalog oblikovanjem kanjona ovih dimenzija. Smatra da bi se tako velika količina snešenog materijala u relativno kratkom geološkom razdoblju i na relativno malu udaljenost morala odraziti u svijanju izobata prema pučini (oplićavanju priobalja), što se ne zamjećuje. Takav zaključak vjerojatno proizlazi iz nedovoljno detaljnih batimetrijskih karata koje su tada autoru bile dostupne. Na kartama iz online sustava *Navionics* u slučaju Mošćeničke drage, jasno je vidljivo svijanje izobata prema pučini, odnosno oplicavanje priobalja od denudiranog materijala nastalog oblikovanjem kanjona (sl. 79). Na primjeru Mošćeničke drage, svijanje izobata je najizraženije na dubinama od 30 do 50 m. Nanos denudiranog materijala na toj dubini svakako nije rezultat recentnog, već povijesnog rada bujičnog toka iz pripadajućeg kanjona, moguće u vrijeme kada je erozijska baza bila znatno niža, klimatske prilike drugačije, a protok vode veći. Nasuprot tome, u slučaju Medveje, nije vidljivo oplicavanje priobalja na takvim dubinama, već se svijanje izobata primjećuje nakon dubine od oko 5 m dubine ispred ušća bujice gdje slijedi prvo naglije produbljavanje, a zatim zaravnavanje dna nakon čega slijedi ponovno svijanje izobata prema pučini, odnosno zona oplicavanja (sl. 80). Za razliku od slučaja u Mošćeničkoj dragi, ovaj slučaj u podmorju Medveje može biti rezultat nešto recentnijeg rada bujice koja još uvijek za vrijeme velikih voda donosi materijal i sudjeluje u značajnom premještanju šljunka na području žala oko svoga ušća što je utvrđeno u poglavlju o hidrološkoj analizi (sl. 55). Snešeni materijal iz ranijih faza mogao je u kasnijim fazama biti poravnat ili premješten. Na području Kvarnera ustanovljena je, danas zatrpana, paleodolina Rječine i Potoka na više

od 60 m ispod današnje razine mora. Stoga se smatra da su ondašnji vodotoci usječeni u karbonatnu stijensku podlogu pri drugačijem položaju erozijske baze prema današnjoj (Benac 1996). Može se zaključiti da su u isto vrijeme, tijekom razdoblja kad je erozijska baza bila znatno niža, najintenzivnije produbljivani kanjoni Medveje i Mošćeničke drage, te da je erodirani materijal mogao biti snešen znatno dalje i hipsometrijski niže od područja današnjih ušća. S druge strane, naplavine na području donjeg toka i materijal današnjih žala morao je biti istaložen recentnije, odnosno nakon podizanja erozijske baze na približno današnju razinu.



S1. 79 Batimetrijska karta područja Mošćeničke Drage (Izvor: URL 6)





Sl. 80 Batimetrijska karta področja Medveje (Izvor: URL 6)

## 7. Rasprava

Kanjoni Mošćeničke drage i Medveje dvije su najveće bujične doline na području primorske padine Učke. U oba slučaja postanak je bio tektonski predisponiran rasjednim pukotinama. Tragovi paleotokova ukazuju da je na karbonatnoj podlozi u određenoj morfogenetskoj etapi prevladavalo površinsko otjecanje, uslijed čega je usijecanje korita bilo izraženije od okršavanja. Tek u kasnijoj evolucijskoj fazi podzemna cirkulacija prevladala je u odnosu na površinsko otjecanje, a takav je razvoj utvrđen i drugdje u na području dinarskog krša (Benac, 1996). Promatrani tokovi u oba kanjona danas su povremeni te oni i njihovi pritoci imaju karakteristike bujica s naglim nailaskom velikih voda. Protok promatranih tokova nakon obilnih kiša naglo dosegne vrhunac nakon čega prvo naglo, a zatim postupno opada. Žala na njihovim ušćima nastala su dugotrajnim djelovanjem mora na naplavinu koja je formirana u donjem dijelu toka od denudiranog materijala iz kanjonskog prostora. Danas je prihrana žala od ovih bujica značajno smanjena ili potpuno izostaje uslijed suvremene regulacije ovih tokova na području njihovog donjeg toka, osobito u slučaju Mošćeničke Drage gdje je korito u potpunosti betonirano. Uzdužni reljefni profili po koritima bujica pokazuju strmije i položenije zone bujičnih tokova, što utječe na transport materijala. Tako strmije zone toka obilježava veća erozija, dok se na položenijim dijelovima toka materijal akumulira. Poprečni profili korita pokazuju snažnu usječenost u primorsku padinu Učke, a kanjon nešto strmijih strana je onaj u Medveji. U slučaju kanjona Medveja nagibi kanjonskih strana povećavaju se prema dnu talvega, što može upućivati na pojačano usijecanje, odnosno dubinsku eroziju u zadnjoj fazi razvoja.

Promatrani prostor primorske padine Učke hipsometrijski seže od morske razine do 1400 metara nadmorske visine. Primorska padina Učke prostor je većinom značajnih nagiba ( $12^{\circ} - 32^{\circ}$ ) na kojima se odvijaju procesi spiranja i kliženja, a moguća je i pojava jaruženja ili bujičenja. Prostor kanjonskih strana obilježavaju veliki nagibi ( $32^{\circ} - 55^{\circ}$ ) i strmci ( $>55^{\circ}$ ) na kojima dominira urušavanje te se podno njih razvijaju sipari. Veliki nagibi prisutni su i na stranama vršnog grebena sjeverne Učke. Erozijsku terena smanjuje vegetacija, osobito na području velikih nagiba vršnog hrpta sjeverne Učke gdje je razvijena gusta bukova šuma. Na strmim kanjonskim stranama također ima raznolike vegetacije, često u vidu makije, hrasta medunca, crnog i bijelog graba te crnog bora. Zaravnjenih i blago nagnutih terena ima vrlo malo, a odnose se na dna ponikava i područja naplavina u donjem dijelu kanjonskih prostora blizu ušća bujica. Navedeno podrazumijeva velike vrijednosti energije reljefa promatranog prostora. Primorska padina Učke većinom je istočne ekspozicije, izuzev prostora kanjonskih

strana. To je prema općoj pogodnosti ekspozicije neutralna ekspozicija. Opći smjer pružanja kanjona je u slučaju Medveje zapad - istok, dok je u slučaju Mošćeničke drage prisutno zakretanje donjeg dijela kanjona prema jugoistoku. Stoga se na području primorske padine Učke značajnija područja sjeverne i južne ekspozicije nalaze upravo na području strmih kanjonskih strana. Pojava i prostorni razmještaj ponikava u izravnoj je vezi sa litološkim sastavom područja te nagibima terena, pa tako izostaju na području flišnih zona te na području kanjona dok je njihova najveća gustoća evidentirana na vapnenačkim padinama blagih i umjerenih nagiba. Rasjedi u promatranom slučaju nemaju uočljivog utjecaja na pojavu ponikava.

Klimu promatranog područja potrebno je posebno promatrati u kontekstu rada bujičnih tokova. Klimatološki podaci pokazuju da tijekom godine izostaje izrazito suho razdoblje. Također vrijedi opća zakonitost o porastu količine padalina i padu prosječnih vrijednosti temperature s porastom nadmorske visine. Vrlo je važna mogućnost pojave velikih količina oborina u kratkom vremenskom razdoblju što može dovesti do pojave velikih voda na promatranim bujičnim tokovima. Klimatska je značajka upravo Jadranskog područja Hrvatske češća pojava velikih količina oborina u kratkom vremenskom razdoblju, a uzrok su najčešće snažne oborine konvektivnog postanka. Tako su na području Kvarnera zabilježene neke od najvećih vrijednosti dnevnih količina padalina za područje čitave Republike Hrvatske u promatranom razdoblju, primjerice 315 mm u Crikvenici i 250,8 mm u Cresu (Zaninović i dr., 2008). Također je poznat slučaj velike poplave Bašćanske suhe ričine iz kolovoza 1989. godine uslijed snažnog nevremena koje je zahvatilo područje slijeva ovog toka. Tada je palo oko 250 mm padalina na području slijeva u svega nekoliko sati, a protok je dosegao 100 m<sup>3</sup>/s uzrokujući veliku materijalnu štetu (Benac i Knežević, 2011). Taj događaj svakako može služiti kao upozorenje na opasnost koja prijeti od bujičnih tokova na području Kvarnera. Takvi događaji su naravno rijetki, ali kada se dogode, šteta je vrlo velika. Kako bi se mogućnost nastanka ovakve ili slične štete svela na minimum, oba promatrana toka regulirana su u svom donjem dijelu toka gdje postoji značajna infrastruktura. U slučaju Mošćeničke drage tok je reguliran na 100-godišnju protoku (Jurinović, 2007). Snijeg je na području obalne zone rijetka pojava i ne zadržava se dugo, dok se na području vršne zone Učke tijekom zime formira deblji snježni pokrivač, koji prilikom otapanja puni vodonosnik svježom vodom. Glavni vjetrovi promatranog područja su bura i jugo, no također je važna i lokalna cirkulacija zraka za stabilnog vremena u vidu zmorca i kopnenjaka. Bura ima najsnažnije udare, no jugo razvija veće valove zbog veće duljine privjetrišta. Valovi bure i juga dolaze iz različitih smjerova i važni su za premještanje šljunka žala tijekom godine.

U kontekstu dosadašnjih saznanja o glacijaciji na području sjevernog Velebita i Gorskog kotara razmatrano je područje vršnog hrpta sjeverne Učke. Glavne crte reljefa od doba virmskog glacijala do danas se nisu značajnije mijenjale jer je to u geološkom smislu vrlo kratko razdoblje. Stoga se područje ponikava Veli i Mali dol između Vojaka i Suhog vrha može razmatrati kao idealna lokacija za nakupljanje snijega i leda u okolnostima hladnije klime. Tako je terenskim razmatranjem utvrđen morenski materijal na području Velog dola. S obzirom na morfologiju terena može se pretpostaviti kako se na području ponikava Veli i Mali dol na vrhuncu virmskog glacijala razvio ledenjak cirknog tipa koji se prema položaju morene protezao do lokaliteta Vrata odnosno početka vrlo strme padine koja čini visinsku razliku od nekoliko stotina metara. Stoga je područje ponikava Veli i Mali dol zapravo cirk, odnosno erozijski ledenjački oblik nastao polukružnim kretanjem ledenjaka i udubljivanjem podloge. Lokalitete Veli i Mali dol možemo sagledavati kao cjelinu, s obzirom da ih dijeli tek mali greben neznatne visine. Područje ovih ponikava odvodnjava se danas podzemno u karbonatni greben, a s obzirom na položaj i geološki sastav terena pripada slijevu bujice sa ušćem u Medveji, a dijelom i slijevu potoka Banine sa ušćem u Iki. U okolnostima glacijacije ledenjak je vjerojatno sezao do ruba strme padine gdje se manjim jezicima spuštao ili urušavao niz padinu i tako niže područje prihranjivao vodom, izazivavši pritom bujičenje po strmoj padini. Od svog nastanka pa do danas tragovi djelovanja ledenjaka bili su izloženi djelovanju egzogenih procesa zbog čega je izvjesno da su doživjeli značajne promjene. Također, danas su većim dijelom obrasli gustom vegetacijom, najčešće šumom bukve. Ovakav nalaz pokazuje da je na Učki dolazilo do nagomilavanja snijega na morfološki pogodnim lokacijama za vrijeme virmske oledbe, a u slučaju ponikava Veli i Mali dol dužim nakupljanjem snijega i njegovom preobrazbom formiran je cirkni ledenjak. Takvo saznanje u skladu je sa dokazanom glacijacijom Sjevernog Velebita i Gorskog kotara na sličnim nadmorskim visinama, a važno je i za razumijevanje postanka ovih kanjona. Osim ponikava Veli i Mali dol pretpostavljena je i glacijacija obližnjih ponikava podno Suhog vrha (1333 mnv).

## 8. Zaključak

Kanjoni Mošćeničke drage i Medveje formirani su na području primorske padine Učke gdje je kompleks karbonatnih stijena pretežito kredne starosti prostorno dominantan, dok se naslage fliša nalaze na površini terena u obliku uskih pojaseva ili izoliranih zona. Rasjedne pukotine predisponirale su postanak oba kanjona. U promatranom slučaju reljef je oblikovan radom tekućica i djelovanjem padinskih procesa te okršavanjem. Doline, pa tako i promatrani kanjoni nastaju kao rezultat površinskog tečenja vode i kao takvi nisu krški reljefni oblici već su nastali djelovanjem fluvijalnih i fluviudenudacijskih, a ne krških procesa. Važno je istaknuti kako su promatrani kanjoni usijecani u karbonatnu stijensku podlogu pri drugačijem položaju erozijske baze prema današnjoj, a postojanje ledenjaka na Učki najvjerojatnije je bilo izvorište veće količine vode u vrijeme topljenja leda. Tako je osim veće količine vode, ulogu u formiranju kanjona imala i niža erozijska baza. Osim toga, postoji utvrđena zakonitost da u ranijim evolucijskim fazama na karbonatima može prevladavati površinsko otjecanje u odnosu na podzemno jer se okršavanje odvija postupno tijekom vremena. Istovremeno djelovanje ova tri faktora omogućilo je formiranje kanjona današnjih dimenzija. Promatrani bujični tokovi u okolnostima današnje klime reagiraju na pojavu obilnije kiše kada se relativno naglo aktiviraju i protok im naglo dosegne vrhunac nakon čega prvo naglo, a zatim postupno opada kroz nekoliko dana sve dok im korita ne ostanu suha. Promatrano područje većinom obilježava umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom (Cfb) čije je važno obilježje da nema izrazito suhog razdoblja. Uslijed regulacije donjih tokova ovih bujica smanjeno je prihranjivanje žala potočnim nanosom, posebno u slučaju Mošćeničke Drage. Glavno grananje oba bujična toka prisutno je na području gornjeg toka. Promatrano područje reljefno je vrlo raščlanjeno, osobito prostor promatranih kanjona i vršnog hrpta sjeverne Učke. Tako je prisutan raspon nadmorskih visina od morske razine do 1401 m nadmorske visine. Nagibi čitave primorske padine Učke su značajni, dok kanjonske strane te prostor vršnog hrpta sjeverne Učke obilježavaju strmi tereni, a ponegdje i litice. Navedeno podrazumijeva većinom umjereno do izrazito raščlanjen reljef promatranog područja. Takve karakteristike terena uzrok su pojačanoj eroziji koju u značajnoj mjeri smanjuje prisutna vegetacija koja pokriva veći dio promatranog područja, čak i vrlo strme padine. Ponikve se najčešće pojavljuju na vepnenačkim padinama blagih nagiba.

Terenska istraživanja omogućila su pretpostavku da je postojala cirkna odeba na području današnjih ponikava Veli i Mali dol gdje je ustanovljena morena, dok se u podnožju nalazi fluvioglacialni sediment. Takav nalaz u skladu je s dokazanom glacijacijom Sjevernog



Velebita i Gorskog kotara na sličnim nadmorskim visinama. Moguće je da geomorfoloških tragova glacijacije na području vršne zone Učke ima još, što otvara prostor za daljnja istraživanja. Ovaj nalaz od velike je važnosti i za razumijevanje postanka promatranih kanjona, jer je voda porijeklom od otopljenog leda (sočnica) vodotocima koji su formirali ove kanjone otjecala prema moru.

## 9. Literatura

1. Apolov, B. A., 1963: *Doctrine of rivers*, Moscow
2. Benac, Č., 1996: Morfološka evolucija Riječkog zaljeva: utjecaj klimatskih i glacioeustatičkih promjena, *Acta Geographica Croatica*, 31.(1), str. 69-83.
4. Benac, Č., i Juračić, M., 1998: Geomorphological indicators of sea level changes during upper pleistocene (Würm) and holocene in the Kvarner region (NE Adriatic Sea), *Acta Geographica Croatica*, 33. (1), str. 27-42.
5. Benac, Č., Ružić, I., i Žic, E., 2006: Ranjivost obala u području Kvarnera, *Pomorski zbornik*, 44 (1), str. 201-214.
6. Benac, Č., Juračić, M., Blašković, I., 2008: Tidal notches in Vinodol Channel and Bakar Bay, NE Adriatic Sea: Indicators of recent tectonics, *Marine Geology*, 248, 3-4, 151-160.
7. Benac, Č. i Knežević, R., 2011: Utjecaj geološkoga hazarda na razvoj turizma na području Kvarnera (sjeveroistočni jadrano), *Hrvatski geografski glasnik*, vol. 73, 35-47.
8. Benac, Č., Rubinić, J., Ružić, I., Radišić, M., 2017.: Geomorfološka evolucija riječnih dolina i ušća na Istarskom poluotoku, *Hrvatske vode*, vol. 25, 71-80.
9. Belij, S., 1985: 'Glacijalni reljef južnog Velebita', *Hrvatski geografski glasnik*, 47.(1), str. 71-84.
10. Bočić, N., Faivre, S., Kovačić M., Horvatinčić, N., 2012: Cave development under the influence of Pleistocene glaciation in the Dinarides – an example from Štirovača Ice Cave (Velebit Mt., Croatia), *Zeitschrift fur Geomorphologie* 56 (4), 409-433.
11. Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, vol.32, 7 – 29.
12. Bognar, A., Faivre, S., i Pavelić, J., 1991: Glacijacija sjevernog Velebita. *Senjski zbornik*, 18(1), 181–196.
13. Bognar, A., Prugovečki, I., 1997: Glaciation Traces in the Area of the Risnjak Mountain Massif., *Geologia Croatica*, 50(2), 269-278.
14. Bognar, A., Faivre, S., 2006: Geomorphological traces of the younger Pleistocene glaciation in the central part of the Velebit Mt., *Hrvatski geografski glasnik*, 68, 2, , 19-30.
15. Cvijić, J., 1893: *Das karstphanomen. Versuch einer morphologischen monographie, geographische abhandlungen herausgegeben von A Penck*, Bd, VH, 3, Wien
16. Fairbanks, R.G., 1989: A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation, *Nature*, 342, 637-642

17. Faivre, S., 1991: Geomorfološke osobine Sjevernog Velebita. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, PMF, Geografski odsjek, Zagreb, Hrvatska, str. 75.
18. Faivre, S., 1992: Analiza gustoće ponikava na Sjevernom Velebitu i Senjskom bilu', *Senjski zbornik*, 19(1), str. 13-24.
19. Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Horvatinčić, N., 2010a: Relative Sea-Level Change during the Late Holocene on the Island of Vis (Croatia) – Issa harbour archaeological site, *Geodinamica Acta*, 23/5-6, 209-223.
20. Faivre, S., Fouache, E., Kovačić, V., Gluščević, S., 2010b: Some geomorphological and archaeological indicators of the Croatian shoreline evolution in the last two thousand years, *Geology of the Adriatic area, GeoActa Special Publication 3*, 125-133.
21. Faivre, S., Pahernik, M., Maradin, M., 2011: The gully of Potovošća on the Island of Krk – The effects of a short-term rainfall event, *Geologia Croatica*, 64/1, 67-80.
22. Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Barešić, J., Borković, D., 2013: Algni vijenci kao markeri relativne promjene morske razine i klimatskih promjena tijekom kasnog holocena duž istočne obale Jadrana, Final Workshop - Završna radionica, *Zbornik sažetaka*, HRZZ-IP-2013-11-1623, Requencrim, str. 26-28.
23. Faivre, S., i Mićunović, M., 2017: Reconstructing recent beach morphological changes by repeat photography: example of Zogon Beach on the Island of Hvar (Central Adriatic), *Geoadria*, 22(2), str. 165-192.
24. Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Barešić, J., Horvatić, D., Macario, K., 2019: Relative sea-level change and climate change in the Northeastern Adriatic during last 1.5 ka (Istria, Croatia), *Quaternary Science Reviews*, 222.
25. Filipčić, A., 1998: Klimatska regionalizacija Hrvatske po W. Köppenu za standardno razdoblje 1961. – 1990. u odnosu na razdoblje 1931. – 1960., *Acta Geographica Croatica*, 33.(1.), str. 7-14.
26. Ford, D.C., Williams, P. W., 2007: *Karst hydrogeology and geomorphology*, John Wiley & Sons.
27. Grozić, D., 2018: 'Glaciokrš Šverde', *Subterranea Croatica*, 16 (supplementum 2), str. 25-30.
28. Hughes, P. D., Woodward, J. C., van Calsteren, P. C., Thomas, L. E., & Adamson, K. R., 2010: Pleistocene ice caps on the coastal mountains of the Adriatic Sea. *Quaternary Science Reviews*, 29(27–28), 3690–3708.

29. Jahić, M., 2017: Bujice i njihova klasifikacija, 11th International Scientific Conference on Production Engineering, Rim
30. Jennings, J.N., 1971: *Karst. An introduction to Systematic Geomorphology*, Vol. 7, M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts and London, England
31. Juračić, M., Benac, Č., Pikelj, K., Ilić, S., 2009: Comparison of the vulnerability of limestone (karst) and siliciclastic coasts (example from the Kvarner area, NE Adriatic, Croatia), *Geomorphology*, Vol. 107, 90-99.
32. Jurinović, I., 2007: Regulacija bujice Mošćenička draga, Diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet
33. Klein, A., 1953: Die Wiederschläge in Europa im Maximum der letzten Eiszeit, *Petermanns Geographische Mitteilungen* V, 97, Stuttgart, 1953
34. Lončar, G., Bekić, D., Carević, D., Mostečak, H., Babić, M., Grbić, N., Pranjić, V., 2016: 'Numeričko modeliranje morfodinamike poprečnog profila na šljunčanom žalu Medveja', *Hrvatske vode*, 24, str. 29-38.
35. Lozić, S., 1995: Vertikalna raščlanjenost reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, Vol. 30, 17-28.
36. Lozić, S. 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, Vol. 31, 41-50.
37. Magaš, D. 2013: *Geografija Hrvatske*, Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju i izdavačka kuća Meridijani
38. Marinčić, S. i Matičec, D., 1991: Tektonika i kinematika deformacija na primjeru Istre, *Geološki vjesnik*, vol. 44, 257-268.
39. Marjanac, L., Marjanac, T., i Mogut, K., 2001: Dolina Gumance u doba Pleistocena, *Zbornik društva za povjesnicu Klana*, 6(1), 321–330.
40. Marković, S., 1983: Osnovi primenjene geomorfologije, posebna izdanja, knjiga 8, Geoinstitut, Beograd
41. Matas, M., 2009: *Krš Hrvatske: geografski pregled i značenje*, Geografsko društvo – Split, Zagreb.
42. Mihaljević, D., 1995: Geomorfološke značajke gorskog hrpta Učke gorske skupine Ćićarije i Istarskog pobrađa, doktorska disertacija, Geografski odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Zagreb
43. Mihaljević, D., 1996: Strukturno - geomorfološke značajke i morfotektonski model razvoja gorskog hrpta Učke, *Geografski glasnik*, vol. 58, 33-50.
44. Nikler, L., 1973: Novi prilog poznavanju oledbe, *Geološki vijesnik* 25, 109-112.

45. Pahernik, M., 2007: 'Digitalna analiza padina otoka Raba', *Geoadria*, 12(1), str. 3-22.
46. Pahernik, M., 2012: Prostorna gustoća ponikava na području Republike Hrvatske, *Hrvatski geografski glasnik*, 74.(2), str. 5-26.
47. Polšak, A., Šikić, D., 1973.: Tumač za list Labin, Savezni geološki zavod, Beograd
48. Radoš, D., Lozić, S., Šiljeg, A., 2012.: Morfometrijske značajke šireg područja Duvanjskog polja, Bosna i Hercegovina, *Geoadria* 17/2, 177-207.
49. Roglić, J., 1964: Karst valleys in the Dinaric Karst (Symposium, Karst Comission of the I.G.U., Stuttgart, 1963), *Erdkunde* 18 (2), 113-6.
50. Surić, M., 2005: 'Submerged Karst – Dead or Alive? Examples from the Eastern Adriatic Coast (Croatia)', *Geoadria*, 10(1), str. 5-19.
51. Surić, M., 2009: Rekonstruiranje promjena morske razine na istočnoj obali Jadrana, *Geoadria*, 14 (2), 181-199.
52. Sweeting, M. M., 1973: *Karst landforms*, Columbia University Press, New York
53. Šegota, T., 1976: *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb
54. Šikić, D., Polšak, A., Magaš, N., 1963.: OGK Labin, Institut za geološka istraživanja, Zagreb
55. Turk, H., 1996: Geografski položaj i prirodni resursi opatijske rivijere, *Tour. hosp. manag.* God. 2., Br. 2, Str. 379-391.
56. Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. et al, 2008: Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961–1990., 1971–2000., Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 200 str.
57. Žebre, M. i Stepišnik, U., 2016: Glaciokarst geomorphology of the Northern Dinaric Alps: Snežnik (Slovenia) and Gorski Kotar (Croatia), *Journal of Maps*, 12:5, 873-881.

## 10. Izvori

1. [https://helpdesk.uniri.hr/system/resources/docs/000/004/005/original/URE%C4%90E\\_NJE\\_BUJUCA.pdf?1412235854](https://helpdesk.uniri.hr/system/resources/docs/000/004/005/original/URE%C4%90E_NJE_BUJUCA.pdf?1412235854)
2. [http://downloads2.esri.com/MappingCenter2007/blog/Oct10Images/Curvature\\_profile.png](http://downloads2.esri.com/MappingCenter2007/blog/Oct10Images/Curvature_profile.png)
3. [http://downloads2.esri.com/MappingCenter2007/blog/Oct10Images/Curvature\\_plan.png](http://downloads2.esri.com/MappingCenter2007/blog/Oct10Images/Curvature_plan.png)
4. *Popis stanovništva, kućanstva i stanova 2011. godine: stanovništvo prema starosti i spolu po naseljima*, Državni zavod za statistiku, Zagreb, 2013



5. Prostorni plan Parka prirode „Učka“, 2006: Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Republika Hrvatska, Rijeka-Zagreb, <http://www.pp-ucka.hr/wordpress/wp-content/uploads/Prostorni-plan-Parka-prirode-U%C4%8Dka.pdf> (15.04.2019.)
6. Navionics nautičke karte, <https://www.navionics.com/fin/charts?charts=NavionicsPlus&fn1/>

## 11. Prilozi

Sl. 1 Dijelovi bujičnog toka.....	4
Sl. 2 Osnovni oblici i vrste bujičnih slijevova .....	5
Sl. 3 Glacijacija na području Risnjaka .....	8
Sl. 4 Prostorni obuhvat istraživanog područja .....	13
Sl. 5 Geologija promatranog područja – segment iz OGK Labin .....	15
Sl. 6 Legenda kartiranih jedinica segmenta OGK Labin.....	16
Sl. 7 Položaj promatranog područja u okviru gemorfološke regionalizacije Hrvatske .....	17
Sl. 8 Vizualizacija reljefa promatranog područja pomoću programa ArcScene .....	20
Sl. 9 Hipsometrijska karta .....	25
Sl. 10 Udio visinskih razreda (u %) u ukupnoj površini .....	26
Sl. 11 Nagib padina promatranog područja.....	28
Sl. 12 Udio razreda nagiba padina (u %) u ukupnoj površini .....	29
Sl. 13 Litice ili eskarpmi iznad kanjona Medveja .....	30
Sl. 14 Zaravnjeno područje donjeg toka bujice (naplavina) u Medveji sa infrastrukturom autokampa .....	30
Sl. 15 Vertikalna raščlanjenost reljefa.....	32
Sl. 16 Udio razreda vertikalne raščlanjenosti (u %) u ukupnoj površini promatranog prostora .....	33
Sl. 17 Bočni pogled iz zraka na plažu i kanjon Medveja .....	34
Sl. 18 Pogled iz zraka na plažu i kanjon Medveja.....	34
Sl. 19 Ekspozicija padina .....	36
Sl. 20 Udjeli razreda ekspozicije padina (u %) u ukupnoj površini .....	37
Sl. 21 Strme padine sjeverne ekspozicije kanjona Medveja .....	38
Sl. 22 Profilna zakrivljenost padina .....	38
Sl. 23 Planarna zakrivljenost padina .....	39
Sl. 24 Karta profilne zakrivljenosti padina.....	40
Sl. 25 Karta planarne zakrivljenosti padina .....	41
Sl. 26 Udio padina prema profilnoj zakrivljenosti .....	42
Sl. 27 Udio padina prema planarnoj zakrivljenosti .....	42
Sl. 28 Drenažni bazeni promatranih kanjona .....	44
Sl. 29 Drenažni bazeni promatranih kanjona na hipsometrijskoj podlozi.....	45

Sl. 30 Drenažni bazeni i tekućice prema Strahlerovoj klasifikaciji .....	46
Sl. 31 Poprečni profil kanjona Medveja i Mošćenička draga.....	47
Sl. 32 Poprečni profil kanjona na hipsometrijskoj karti .....	48
Sl. 33 Poprečni profil kanjona Medveja .....	48
Sl. 34 Poprečni profil kanjona Mošćenička draga.....	49
Sl. 35 Uzdužni profil po talvegu kanjona Medveja.....	49
Sl. 36 Uzdužni profil po talvegu kanjona Mošćenička draga.....	50
Sl. 37 Uzdužni profil kanjona Medveja i Mošćenička draga te profil primorske padine Učke izvan kanjonskog prostora.....	51
Sl. 38 Dubina ureza promatranih kanjona .....	51
Sl. 39 Geomorfološki tragovi oledbe na području Učke. ....	53
Sl. 40 Područje terenskog istraživanja .....	54
Sl. 41 Pogled sa Vojaka (1401 mnv) na ponikve Mali-Veli dol .....	54
Sl. 42 Područje ponikava Mali - Veli dol.....	55
Sl. 43 Morena na području ponikve Mali – Veli dol.....	55
Sl. 44 Urušeno stablo daje uvid u sastav podloge .....	56
Sl. 45 Heterogeni morenski materijal.....	56
Sl. 46 Područje morene sa prisutnim većim blokovima stijena .....	57
Sl. 47 Eratički blok na području ponikve Veli dol .....	57
Sl. 48 Područje fluvioglacialnog sedimenta u podnožju padine ispod lokaliteta Veli- Mali dol .....	59
Sl. 49 Fluvioglacialni sediment.....	59
Sl. 50 Prostorni razmještaj ponikava na hipsometrijskoj podlozi .....	61
Sl. 51 Prostorni razmještaj ponikava na podlozi segmenta OGK Labin .....	62
Sl. 52 Odnos prostornog razmještaja ponikava u odnosu na nagib padina .....	63
Sl. 53 Ponikve na lokalitetu Podmaj .....	64
Sl. 54 Aktivan tok bujice u Medveji prije ušća .....	66
Sl. 55 Ušće bujice u Medveji kada je tok aktivan (29.05.2019.).....	67
Sl. 56 Ušće bujice u Medveji u sušnom razdoblju (05.07.2019.) .....	67
Sl. 57 Najizdašniji prtok bujice kod Lovranske drage u kišnom razdoblju (29.05.2019.).....	68
Sl. 58 Najizdašniji prtok bujice kod Lovranske drage u sušnom razdoblju (19.04.2019.) .....	68
Sl. 59 Vodopad iznad Lovranske drage (29.05.2019.).....	69
Sl. 60 Vertikalni profil naslaga potočnog nanosa u Medveji .....	69
Sl. 61 Reguliran donji tok bujice u Medveji .....	70
Sl. 62 Suho korito bujice u Medveji na prijelazu iz srednjega u donji tok .....	70
Sl. 63 Aktivan bujični potok kanjona Mošćeničke drage na prijelazu na prijelazu iz srednjega u donji tok (29.05.2019.).....	71
Sl. 64 Buični tok kanjona Mošćeničke drage na prijelazu iz srednjega u donji tok u sušnom razdoblju (15.04.2019.) .....	71
Sl. 65 Reguliran donji tok bujice u naselju Mošćenička draga. Regulacija je izvršena na stogodišnju protoku .....	72
Sl. 66 Reguliran tok bujice u naselju Mošćenička draga .....	72
Sl. 67 Regulirano ušće bujice u naselju Mošćenička draga .....	73
Sl. 68 Tok potoka Jaz unutar autokamopa Medveja .....	73

Sl. 69 Ušće potoka Jaz nalazi se u blizini ušća bujice na području žala u Medveja .....	74
Sl. 70 Klimadijagram za Rijeku za razdoblje 1981. - 2010 .....	74
Sl. 71 Klimadijagram za Pazin za razdoblje 1981. - 2010. ....	75
Sl. 72 Klimadijagram za Čepić za razdoblje 1981.- 2010.....	75
Sl. 73 Kretanje srednjih mjesečnih, te srednjih minimalnih i srednjih maksimalnih temperatura po mjesecima za Rijeku u razdoblju 1981. - 2010. ....	76
Sl. 74 Kretanje srednjih mjesečnih, te srednjih minimalnih i srednjih maksimalnih temperatura po mjesecima za Čepić u razdoblju 1981. - 2010. ....	76
Sl. 75 Kretanje srednjih mjesečnih, te srednjih minimalnih i srednjih maksimalnih temperatura po mjesecima za Čepić u razdoblju 1981. - 2010. ....	77
Sl. 76 Čestine vjetra na klimatološkoj postaji Rijeka za razdoblje 1981. - 2010.....	77
Sl. 77 Čestine vjetra na klimatološkoj postaji Pazin za razdoblje 1981. - 2010. ....	78
Sl. 78 Čestine vjetra na klimatološkoj postaji Čepić za razdoblje 1981. - 2010.....	78
Sl. 79 Batimetrijska karta područja Mošćeničke Drage .....	80
Sl. 80 Batimetrijska karta područja Medveja .....	81